การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

An Application of Genetic Algorithm for Rubber Wood Furniture Production Scheduling

กุสุมา เรืองดิษฐ์

Kusuma Ruangdit

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและระบบ

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of

Master of Engineering in Industrial and Systems Engineering

Prince of Songkla University

2553

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา
ผู้เขียน	นางสาวกุสุมา เรืองดิษฐ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการและระบบ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	**คณะกรรมการสอบ**
.....	.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์วนิดา รัตนมณี)	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพรรณ ไชยประพัทธ์)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	.....กรรมการ
	(รองศาสตราจารย์วนิดา รัตนมณี)
.....	
(รองศาสตราจารย์สมชาย ชูโฉม)	.....กรรมการ
	(รองศาสตราจารย์สมชาย ชูโฉม)
	.....กรรมการ
	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภิสพร มีมงคล)
	.....กรรมการ
	(รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภชัย ปทุมนากุล)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและระบบ

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.เกริกชัย ทองหนู)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

ผู้เขียน นางสาวกุสุมา เรืองดิษฐ์

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการและระบบ

ปีการศึกษา 2552

บทคัดย่อ

การผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารามีความหลากหลายทั้งในส่วนผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนและขั้นตอนการผลิต การปรับปรุงการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นจำเป็นต้องคำนึงถึงการจัดลำดับการผลิตก่อนหลังให้กับแต่ละชิ้นส่วนว่าควรเข้าเครื่องจักรใดเพื่อให้เกิดลำดับการผลิตที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดซึ่งการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นการใช้ประสบการณ์และความชำนาญของพนักงานในการจัดลำดับชิ้นส่วนเข้าสู่แต่ละขั้นตอนแต่ละเครื่องจักรซึ่งต้องใช้เวลานานและอาจเกิดความผิดพลาดได้ง่ายดังนี้จึงได้นำเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบโดยพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำที่สุด (Minimizespan) โปรแกรมประกอบด้วยสามส่วนหลักคือส่วนการป้อนข้อมูลเข้าส่วนการประมวลผลซึ่งประมวลผลตามวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมและส่วนแสดงผลลัพธ์ซึ่งจะแสดงผลลัพธ์ลำดับการผลิตในโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซลล์และในรูปแบบแผนภูมิ (Gantt Chart) การประมวลผลด้วยวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมนั้นจะทำการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของอัลกอริทึมที่เหมาะสมเพื่อกำหนดให้เป็นค่าเริ่มต้นของโปรแกรม โดยพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับข้อมูลที่นำมาทดสอบซึ่งมี 229 ชิ้นส่วน คือจำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 20 และจำนวนรอบเท่ากับ 9 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับแผนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาพบว่าแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นทำให้เวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำกว่าคือเท่ากับ 13 วันซึ่งดีกว่าแผนการผลิตเดิมของโรงงานที่มีเวลาเสร็จสิ้นการทำงาน 28 วันคิดเป็นจำนวนเดิมคิดเป็น 53 เปอร์เซ็นต์ โดยโปรแกรมสามารถประมวลผลได้สูงสุด 9,801 ชิ้นส่วน

Thesis Title	An Application of Genetic Algorithm for Rubber Wood Furniture Production Scheduling
Author	Ms. Kusuma Ruangdit
Major Program	Industrial and Systems Engineering
Academic Year	2009

ABSTRACT

Rubber wood furniture manufacturing has a variety of products, parts and processes. Scheduling all parts related to available machines on the right time is an important method to improve production efficiency. A production scheduling of most rubber wood furniture manufacturing recently is determined by manufacturing experts. Consequently, the production time is too long. The objective of this thesis is to minimize makespan by using a genetic algorithm. The computer program includes data input, data processing, and output in Microsoft excel and gantt chart. 229 furniture parts were used to test for the genetic algorithm parameters. For studied data, the optimal values of GA parameters were 20 population size and 9 generations. The studied resulting makespan was 13 days while the factory planning was 28 days. The makespan is reduced by 53 percents, comparing to the previous plan. Moreover, the program can serve up to 9,801 parts.

สารบัญ

		หน้า
สารบัญ		(6)
รายการตาราง		(8)
รายการภาพประกอบ		(11)
บทที่		
1	บทนำ	1
	1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
	1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
	1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	7
	1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	7
	1.5 ขอบเขตการวิจัย	7
2	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย	8
	2.1 ข้อมูลทั่วไปของอุตสาหกรรมการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา	8
	2.2 กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา	9
	2.3 การวางแผนและควบคุมการผลิต	16
	2.4 การจัดลำดับการผลิต	18
	2.5 เจเนติกอัลกอริทึม	27
3	การพัฒนาโปรแกรมจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราโดยประยุกต์ใช้วิธีการเจเนติกอัลกอริทึม	40
	3.1 รูปแบบของปัญหาการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา	40
	3.2 โครงสร้างของโปรแกรมการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา	44
	3.3 การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา	46
	3.4 ลักษณะของโปรแกรมจัดลำดับการผลิตที่พัฒนาขึ้น	73
4	ผลลัพธ์โปรแกรมจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา	86
	4.1 การทดสอบเพื่อประเมินผลลัพธ์โปรแกรม	87
	4.2 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับแผนการผลิตเดิมของโรงงานกรณีศึกษา	113

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับการจัดลำดับการผลิตโดยใช้กฎความสำคัญ	125
5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	140
5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย	140
5.2 ข้อเสนอแนะในการดำเนินงานวิจัย	143
บรรณานุกรม	145
ภาคผนวก	149
ภาคผนวก ก ตัวอย่างแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น (ผลิตภัณฑ์เก้าอี้)	150
ภาคผนวก ข ตัวอย่างแผนการผลิตเดิมของโรงงานกรณีศึกษา : พี พี พาราวูด จำกัด (ผลิตภัณฑ์เก้าอี้)	161
ประวัติผู้เขียน	175

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	รายละเอียดของงานในสถานีการผลิต	25
2.2	การจัดงานแบบ FCFS	25
2.3	การจัดงานแบบ SPT	26
2.4	การจัดงานแบบ EDD	26
2.5	การจัดงานแบบ LPT	27
2.6	เปรียบเทียบคำศัพท์ระหว่างพันธุศาสตร์และเจเนติกอัลกอริทึม	30
3.1	ข้อมูลรายละเอียดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์	42
3.2	ข้อมูลป้อนเข้าสำหรับโปรแกรมจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา	44
3.3	ตัวอย่างข้อมูลเวลาการทำงานของลำดับชิ้นส่วนในโครโมโซม 1	54
3.4	ตัวอย่างการคำนวณค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือก และค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสม	59
3.5	ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการคัดเลือกโครโมโซมชุดใหม่	60
3.6	ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการคัดเลือกโครโมโซมเพื่อทำการครอสโอเวอร์	63
3.7	ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการคัดเลือกโครโมโซมเพื่อทำการมิวเตชั่น	66
3.8	ตัวอย่างชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ที่มีชิ้นส่วนย่อย	70
3.9	ข้อมูลป้อนเข้าสำหรับฐานข้อมูล	74
4.1	รายละเอียดขั้นตอนการผลิตแต่ละชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์โต๊ะนักเรียน	89
4.2	ชิ้นส่วนที่มีชิ้นส่วนย่อยของผลิตภัณฑ์โต๊ะนักเรียน	91
4.3	รายการเครื่องจักรสำหรับผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์โต๊ะนักเรียน	92
4.4	พารามิเตอร์เริ่มต้นของเจเนติกอัลกอริทึม	93
4.5	ตัวอย่างข้อมูลการคำนวณเวลาในการจัดชิ้นส่วนเข้าเครื่องจักร	95
4.6	รายละเอียดของลำดับการผลิตที่ได้จากวิธีการคำนวณด้วยมือ	96
4.7	ค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุด (วินาที) ที่เปลี่ยนไป ณ เจนเนอเรชั่นต่าง ๆ เมื่อจำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 5, 10 และ 20 โครโมโซม (จำนวนยีนน้อยกว่า 100 ยีน)	104
4.8	ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ จำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอเรชั่น เมื่อจำนวนยีนน้อยกว่า 100 ยีน	105

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
4.9	ค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุด (วินาที) ที่เปลี่ยนไป ณ เจนเนอเรชั่นต่าง ๆ เมื่อจำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 5, 10 และ 20 โครโมโซม (จำนวนยีน 100-300 ยีน)	106
4.10	ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ จำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอเรชั่น เมื่อจำนวนยีนเท่ากับ 100-300 ยีน	107
4.11	ค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุด (วินาที) ที่เปลี่ยนไป ณ เจนเนอเรชั่นต่างๆ เมื่อจำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 5, 10 และ 20 โครโมโซม (จำนวนยีน 300-500 ยีน)	108
4.12	ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ จำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอเรชั่น เมื่อจำนวนยีนเท่ากับ 300-500 ยีน	109
4.13	ค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุด (วินาที) ที่เปลี่ยนไป ณ เจนเนอเรชั่นต่างๆ เมื่อจำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 5, 10 และ 20 โครโมโซม (จำนวนยีนมากกว่า 500 ยีน)	110
4.14	ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ จำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอเรชั่น เมื่อจำนวนยีนมากกว่า 500 ยีน	111
4.15	ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับจำนวนยีนในแต่ละช่วงจำนวนยีน	111
4.16	ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ทดสอบเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์โปรแกรม	113
4.17	เวลาเสร็จสิ้นการทำงานที่ได้จากการประมวลผลโปรแกรมเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์	114
4.18	ผลลัพธ์การจัดลำดับการผลิตโดยใช้วิธีการเจเนติกอัลกอริทึม	125
4.19	ผลลัพธ์การจัดลำดับการผลิตโดยใช้กฎ FCFS	129
4.20	ผลลัพธ์การจัดลำดับการผลิตโดยใช้กฎ SPT	132
4.21	ผลลัพธ์การจัดลำดับการผลิตโดยใช้กฎ LPT	135
4.22	เปรียบเทียบค่าดัชนีชี้วัดที่ได้จากวิธีการจัดลำดับต่าง ๆ	138
4.23	เปรียบเทียบโปรแกรมจัดลำดับการผลิตที่พัฒนาขึ้นกับโปรแกรมวางแผนการผลิตเดิมของโรงงานกรณีศึกษา	138
5.1	ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับขนาดจำนวนยีนต่าง ๆ	141

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
5.2	เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแผนการผลิตของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับแผนการผลิตเดิมของโรงงาน (แผนการผลิตตามอาคารผลิต)	142

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1.1	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา	3
2.1	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยหลายชิ้นส่วนและหลายขั้นตอน	9
2.2	กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา	10
2.3	การตัดหยาบด้วยเครื่องเลื่อยแบบตัดอัตโนมัติ	11
2.4	การไสไม้ด้วยเครื่องไส 2 หน้า	12
2.5	การเพลาะไม้ด้วยเครื่องเพลาะอัตโนมัติ	12
2.6	การเจาะรูไม้ด้วยเครื่องเจาะดิ่ง	13
2.7	การตัดไม้ด้วยเครื่องละเอียด	13
2.8	การขัดชิ้นงานด้วยเครื่องขัดสามเหลี่ยม	14
2.9	การประกอบแผงกั้นไม้ด้วยแรงงานคน	14
2.10	การทำผิวสำเร็จด้วยแรงงานคน	15
2.11	การบรรจุภัณฑ์	15
2.12	การเคลื่อนที่ของงานเข้าสู่เครื่องจักรที่วางขนานกัน	20
2.13	การจัดงาน n ชนิดผ่านเครื่องจักร m เครื่องที่วางเรียงกัน	21
2.14	รายละเอียดต่าง ๆ ของโครโมโซม	30
2.15	แผนผังแสดงโครงสร้างและวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึม	31
2.16	การคัดเลือกแบบวงล้อรูเล็ท	35
2.17	ตัวอย่างการครอสโอเวอร์	37
2.18	ตัวอย่างการมิวเตชั่น	38
3.1	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์แสดงชิ้นส่วนและขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วน	41
3.2	โครงสร้างของโปรแกรมการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา	45
3.3	รายละเอียดโครโมโซมตัวอย่าง	47
3.4	การแปลงรหัสโครโมโซม กรณีกำหนด Lot Size	48
3.5	ขั้นตอนการประยุกต์ใช้วิธีการเจเนติกอัลกอริทึม	50
3.6	การจัดงานให้เครื่องจักร	52
3.7	ตัวอย่างผลที่ได้จากการถอดรหัสคำตอบแสดงเป็น Gantt Chart	55
3.8	ตัวอย่างลำดับยีนที่ถูกจัดให้เครื่องจักร M11	55

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
3.9	ตัวอย่างการสร้างวงล้อรูเล็ทจากข้อมูลตัวอย่างในตาราง 3.4	60
3.10	ขั้นตอนการคัดเลือกโครโมโซมเพื่อทำการครอสโอเวอร์	62
3.11	ตัวอย่างวิธีการครอสโอเวอร์แบบ Order Crossover (OX)	64
3.12	ขั้นตอนการคัดเลือกโครโมโซมเพื่อทำการมิวเตชั่น	66
3.13	ตัวอย่างวิธีการมิวเตชั่นแบบ Two-point Swapping Mutation	67
3.14	ขั้นตอนทำงานของโปรแกรมในส่วนของการซ่อมแซมคำตอบ	72
3.15	ลักษณะโปรแกรมจัดลำดับการผลิตที่พัฒนาขึ้น	73
3.16	หน้าจอ Login สำหรับจัดการฐานข้อมูล	74
3.17	เมนูจัดการฐานข้อมูล	75
3.18	หน้าจอข้อมูลผลิตภัณฑ์	76
3.19	หน้าจอข้อมูลชิ้นส่วน	77
3.20	หน้าจอข้อมูลชิ้นส่วนย่อย	78
3.21	หน้าจอข้อมูลขั้นตอนการผลิต	79
3.22	หน้าจอข้อมูลเครื่องจักร	80
3.23	หน้าจอจัดลำดับการผลิต	81
3.24	หน้าจอป้อนข้อมูลผลิตภัณฑ์	81
3.25	หน้าจอกดปุ่ม “เพิ่มข้อมูลใหม่”	82
3.26	หน้าจอกดปุ่ม “Run”	82
3.27	หน้าจอรายละเอียดลำดับการผลิตเมื่อกดปุ่ม “Report”	83
3.28	หน้าจอผลลัพธ์ในรูปแบบ Gantt Chart เมื่อกดปุ่ม “Gantt Chart”	84
3.29	หน้าจอเมนูเจเนติกอัลกอริทึม	85
4.1	ลำดับขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์โต๊ะนักเรียน	88
4.2	แผนผังแสดงเวลาในการผลิตขั้นตอนและชิ้นส่วนต่าง ๆ	99
4.3	แผนภาพ Gantt Chart แสดงลำดับการผลิตชิ้นส่วนของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง	101
4.4	ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น	102
4.5	การเพิ่มขึ้นของเวลาในการประมวลผลโปรแกรมเมื่อจำนวนยีนเพิ่มขึ้น	112
4.6	แผนการผลิตเดิมของโรงงานกรณีศึกษา	116

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
4.7	ตัวอย่างการอ่านลำดับชิ้นส่วนที่ผลิตบนเครื่องจักร (เครื่องเพลาะ 30 หวี)	117
4.8	ตัวอย่างแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจากอาคารเตรียมไม้	118
4.9	ตัวอย่างแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจากอาคารแปรรูป1	120
4.10	ตัวอย่างแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจากอาคารแปรรูป 2	121
4.11	ตัวอย่างแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจากอาคารประกอบ	122
4.12	แผนการผลิตในแต่ละอาคารจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น	123
4.13	ผลการเปรียบเทียบแผนการผลิตเดิมของโรงงานและแผนการผลิตที่พัฒนาขึ้น	124

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ของไทยเป็นอุตสาหกรรมที่มีบทบาท และมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศมาก ทั้งในส่วนที่ก่อให้เกิดการจ้างงานเป็นจำนวนมาก และเป็นอุตสาหกรรมที่สามารถทำรายได้เข้าสู่ประเทศปีละหลายหมื่นล้านบาท โดยมีการส่งออกเฟอร์นิเจอร์ไม้ประมาณร้อยละ 70 ของเฟอร์นิเจอร์ทั้งหมด ส่วนใหญ่เป็นเฟอร์นิเจอร์ที่ทำจากไม้ยางพารา มีสัดส่วนประมาณร้อยละ 65 ของเฟอร์นิเจอร์ไม้ที่ผลิตได้ทั้งหมด [1] การผลิตส่วนใหญ่ใช้วัตถุดิบในประเทศ จึงถือว่าอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์เป็นอุตสาหกรรมที่สามารถนำทรัพยากรของประเทศมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดทั้งวัตถุดิบและแรงงาน

ปัจจุบันความต้องการเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราได้รับความนิยมสูงทั้งในประเทศและต่างประเทศ เนื่องจากมีราคาถูก มีการอบเพื่อถนอมเนื้อไม้ให้ทนทานแข็งแรง อีกทั้งยังมีสีขาวนวล เนื้อไม้มีลวดลายสวยงามเป็นที่ยอมรับของตลาดต่างประเทศว่าเป็นไม้สักขาว นอกจากนี้ผู้ผลิตยังมีการพัฒนารูปแบบ และนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมากขึ้นมาใช้ ทำให้ตลาดต่างประเทศรู้จักเป็นอย่างดี ส่งผลให้ไทยสามารถผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราและชิ้นส่วนเพื่อแข่งขันในตลาดโลกสูง โดยการส่งออกเฟอร์นิเจอร์และชิ้นส่วนในปี 2550 มีมูลค่า 1,292 ล้านเหรียญสหรัฐฯ หรือ 44,581 ล้านบาท ซึ่งมีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 6 [2] เฟอร์นิเจอร์ที่ส่งออกส่วนใหญ่เป็นเฟอร์นิเจอร์ชนิดถอดประกอบได้ และร้อยละ 80 ของเฟอร์นิเจอร์ที่ส่งออกเป็นการส่งออกไปจำหน่ายยังสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น กลุ่มประชาคมยุโรป แคนาดา และออสเตรเลีย [3] นอกจากนี้การส่งออกสินค้าเฟอร์นิเจอร์และชิ้นส่วนของไทยยังมีโอกาสและความสามารถที่จะสร้างยอดขายในตลาดต่างประเทศเพิ่มขึ้น เนื่องจากประชากรในตลาดใหม่ เช่น จีน อินเดีย สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ และรัสเซีย มีกำลังซื้อเพิ่มมากขึ้นจึงยังคงมีความต้องการสินค้าเฟอร์นิเจอร์ ส่งผลให้แนวโน้มการส่งออกสินค้าเฟอร์นิเจอร์และชิ้นส่วนยังคงมีทิศทางที่ดี

แม้ว่าอุตสาหกรรมการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราจะมีอัตราการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง แต่ก็ยังประสบกับปัญหานานาประการไม่ว่าจะเป็น ด้านการตลาด หรือด้านการผลิต จากสภาวะการแข่งขันสูงในกลุ่มประเทศอาเซียน ประกอบกับราคาวัตถุดิบที่มีแนวโน้มจะถีบตัวสูงขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้ศักยภาพในการแข่งขันของอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราของประเทศไทยลดต่ำลง การปรับปรุงการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น จึงกลายเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา ดังนั้นทุกฝ่ายทั้งทางหน่วยงานรัฐบาลและเอกชนจึงควรให้ความสนใจเกี่ยวกับการพัฒนาอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา ในแง่ของการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต และการจัดการด้านการผลิต เพื่อให้การแข่งขันระดับนานาชาติมีศักยภาพสูงขึ้น

อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราในปัจจุบัน เป็นการผลิตตามใบสั่งซื้อที่มีการกำหนดรูปแบบของเฟอร์นิเจอร์โดยลูกค้า ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่อุตสาหกรรมต้องผลิตมีรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายดังแสดงในภาพประกอบ 1.1 [4] โดยแต่ละผลิตภัณฑ์จะประกอบด้วยชิ้นส่วนต่าง ๆ หลายชิ้นส่วน ซึ่งการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเฟอร์นิเจอร์ที่พร้อมจะประกอบเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปได้ทันทีนั้น ในโรงงานต้องมีเครื่องจักรเพียงพอที่จะทำงานได้หลากหลาย เพื่อรองรับรูปแบบเฟอร์นิเจอร์ที่ได้รับมาจากต่างประเทศ และจำเป็นต้องมีการใช้แรงงานคนในการผลิตเนื่องจากมีบางขั้นตอนที่ต้องการความละเอียด ไม่สามารถใช้เครื่องจักรในการช่วยงานได้ เช่น ขั้นตอนการขัดสี การขัดหยาบ การย้อมสี และการประกอบ เป็นต้น ซึ่งการจัดสรรงานให้กับเครื่องจักรและแรงงานคนอย่างเหมาะสม ถือเป็นสิ่งสำคัญในการปรับปรุงประสิทธิภาพและการจัดการด้านการผลิตในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา เนื่องจากธรรมชาติของอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์นั้น ต้องผลิตตามคำสั่งซื้อของลูกค้า ทำให้ผลิตภัณฑ์มีหลายรูปแบบ หลายชิ้นส่วน แต่ละชิ้นส่วนต้องผ่านการผลิตหลายขั้นตอน และแต่ละขั้นตอนประกอบด้วยหลายเครื่องจักร นอกจากนี้ในส่วนของขั้นตอนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารานั้น มีขั้นตอนการประกอบร่วมอยู่ด้วย ดังนั้นในการจัดลำดับการผลิตจึงจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับชิ้นส่วนที่จะนำไปประกอบด้วย เพราะชิ้นส่วนที่จะนำไปประกอบเป็นผลิตภัณฑ์นั้น ต้องมีเวลาการผลิตเสร็จพร้อมๆ กัน จึงจะสามารถเกิดขั้นตอนการประกอบได้ ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ถือเป็นปัญหาที่สำคัญและเป็นเรื่องยากที่จะจัดลำดับชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้าสู่การทำงานของเครื่องจักรและแรงงานคนให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพได้ กล่าวคือ สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้อย่างรวดเร็วทันต่อความต้องการของลูกค้า โดยใช้ประโยชน์เครื่องจักรได้เต็มประสิทธิภาพ และสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการปฏิบัติการ หรือทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำลงได้มากที่สุด ดังนั้นการแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิตให้มีประสิทธิภาพจึงเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

ภาพประกอบ 1.1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

ที่มา http://th.88db.com/Buy-Sell/Furniture/ad-254847/

ปัญหาการจัดลำดับการผลิตจัดเป็นปัญหาประเภท NP-Hard ซึ่งหมายถึงปัญหาที่ใช้เวลาในการหาคำตอบยาวนานและเวลาในการหาคำตอบจะเพิ่มมากขึ้นแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลเมื่อขนาดของปัญหาเพิ่มขึ้น การแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิตสามารถทำได้หลายวิธี เช่น วิธีทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าต่ำสุดในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ เช่น วิธีโปรแกรมเชิงเส้น วิธีการแตกกิ่งและขอบเขต หรือใช้วิธีการหาค่าที่ดีที่สุดโดยวิธีทางฮิวริสติกวิธีต่าง ๆ นอกจากนี้ยังมีการนำเอาคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาทำให้สามารถแก้ปัญหาได้ง่ายขึ้น แต่อย่างไรก็ตามเมื่ออุตสาหกรรมมีการพัฒนามากขึ้น ทำให้ปัญหามีขนาดใหญ่ มีความซับซ้อน และมีขั้นตอนการทำงานมากขึ้น วิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อนวิธีหนึ่ง คือ เจเนติกอัลกอริทึม ซึ่งเป็นวิธีทางฮิวริสติกที่ใช้ในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด

เจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm : GA) เป็นวิธีการแก้ปัญหาแบบหนึ่งที่ช่วยให้ได้มาซึ่งคำตอบที่เหมาะสมที่สุดให้กับปัญหาโดยใช้กระบวนการทางพันธุศาสตร์เข้ามาในกระบวนการค้นหาคำตอบของปัญหา เจเนติกอัลกอริทึมสามารถช่วยแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ มีตัวแปรเกี่ยวข้องเป็นจำนวนมาก และมีความซับซ้อนได้ เนื่องจากมีคุณสมบัติของการเลียนแบบการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมตามธรรมชาติ โดยจะนำค่าที่เหมาะสมที่สุดจากประชากรรุ่นก่อนมาใช้พิจารณาในการหาคำตอบของประชากรรุ่นถัดมา จึงจัดได้ว่าเจเนติกอัลกอริทึมเป็นวิธีหนึ่งใน

กลุ่มของการคำนวณเชิงวิวัฒนาการ ซึ่งในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับถึงประสิทธิภาพและมีการนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในด้านของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) [5]

จากที่มาของปัญหาและวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าว ในงานวิจัยนี้จึงนำเอาวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาประยุกต์ใช้ในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราโดยพัฒนาเป็นโปรแกรมสำเร็จรูป โดยพิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำที่สุด (Minimize Makespan) เพื่อให้ได้ลำดับการผลิตที่ใช้เวลาในการผลิตต่ำที่สุด ซึ่งจะทำให้เกิดการใช้ประโยชน์เครื่องจักรอย่างเต็มประสิทธิภาพและส่งผลต่อต้นทุนการผลิตที่ต่ำลง และเนื่องจากปัญหาการจัดลำดับการผลิตในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราเป็นปัญหาที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อน มีความหลากหลายทั้งในส่วนของผลิตภัณฑ์ ชิ้นส่วน รวมทั้งขั้นตอนต่าง ๆ ในการผลิต การประยุกต์ใช้วิธีการเจเนติกอัลกอริทึม จะสามารถช่วยแก้ไขปัญหาที่ซับซ้อนเหล่านี้ได้ นอกจากนั้นปัญหาการจัดลำดับการผลิตในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราส่วนใหญ่ยังเป็นการใช้ประสบการณ์และความชำนาญของพนักงานในการจัดลำดับการผลิต ซึ่งต้องใช้เวลานานและอาจเกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้นการจัดลำดับการผลิตด้วยคอมพิวเตอร์โดยประยุกต์ใช้วิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมในการประมวลผลจะทำให้การวางแผนการผลิตในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อุตสาหกรรมการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราเป็นอุตสาหกรรมที่มีกระบวนการผลิตซับซ้อน มีตัวแปรที่เกี่ยวข้องเป็นจำนวนมากรวมทั้งมีปัจจัยความไม่แน่นอนต่าง ๆ [6] เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต การจัดลำดับการผลิตที่มีประสิทธิภาพจึงเป็นเรื่องที่ทำได้ยากเนื่องจากต้องพิจารณาปัจจัยดังกล่าวเพื่อให้ลำดับการผลิตที่ได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด การจัดลำดับด้วยกฎการจัดลำดับทั่ว ๆ ไป เช่น มาก่อนได้รับบริการก่อน ทำงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน ทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อน และ ทำงานที่มีกำหนดส่งมอบเร็วที่สุดก่อน [7] จึงเป็นวิธีการที่ยังไม่เพียงพอสำหรับการแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่

การแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิตที่ผ่านมาได้มีการนำเสนอวิธีการหลากหลายวิธีโดยนักวิจัยหลายท่าน ซึ่งได้มีการนำเอาวิธีฮิวริสติกต่าง ๆ [8] เข้ามาช่วยแก้ปัญหาในระบบการผลิต เช่น การพัฒนาวิธีทางฮิวริสติกขึ้น 5 วิธี คือ (1) แยกเวลาทำการผลิตที่น้อยที่สุดของแต่ละงานบนเครื่องจักรใด ๆ (Separated Shortest Processing Time For Job : SSPJ) (2) ใช้เวลาทำการผลิตน้อยที่สุดและเวลาในการเตรียมการผลิตน้อยที่สุดทำการผลิตก่อน (Shortest Processing Time And

Shortest Set Up Time : SPAST) (3) ใช้เวลาทำการผลิตน้อยที่สุดและเวลาในการผลิตรวมน้อยที่สุดทำการผลิตก่อน (Shortest Processing Time And Shortest Completion Time : SPACT) (4) ใช้เวลาทำการผลิตน้อยที่สุดและพิจารณาอัตราส่วนระหว่างเวลาในการเตรียมการผลิตกับเวลาในการผลิตรวมให้ทำการผลิตก่อน (Shortest Processing Time And S/C Ratio : SPASCR) และ (5) ใช้เวลาทำการผลิตน้อยที่สุดและพิจารณาอัตราส่วนระหว่างเวลาในการเตรียมการผลิตกับเวลาทำการผลิตให้ทำการผลิตก่อน (Shortest Processing Time And S/P Ratio : SPASPR) สำหรับแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตให้กับเครื่องจักรไม่เกิน 3 เครื่องซึ่งมีการวางเครื่องจักรเป็นแบบขนาน (Parallel Machine) การพัฒนาวิธีฮิวริสติกสำหรับแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิตในระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนที่ไม่มีบัฟเฟอร์โดยการพัฒนาวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกเปรียบเทียบกับวิธีฮิวริสติก Newaz Enscore Ham (NEH) ซึ่งพบว่าวิธีฮิวริสติกของ Palmer วิธี Sum Absolute Differences (SAD) และ วิธี Sum Absolute Residuals (SAR) สามารถหาค่าคำตอบที่ดีกว่าวิธีฮิวริสติก NEH และสามารถหาลำดับของงานที่ทำให้เวลาเสร็จสิ้นการทำงานของระบบมีค่าน้อยลงกว่าแผนการผลิตในปัจจุบัน [9]

นอกจากนี้ยังมีวิธีฮิวริสติกอีกหลายวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิตได้ดี เช่น วิธีการค้นหาแบบตาบู [10] วิธีซิมูเลทแอลเนลลิ่ง และวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและได้รับความนิยมสำหรับแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลายในปัจจุบัน เช่น ปัญหาการเดินรถทิศทางเดียว [11] ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม [12] เป็นต้น โดยวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมนี้ เป็นวิธีการค้นหาคำตอบโดยมีพื้นฐานมาจากกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติซึ่งคิดค้นโดย John Holland เมื่อปี ค.ศ. 1970 ซึ่งเป็นวิธีที่ช่วยในการหาคำตอบของปัญหาที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อน เนื่องจากคุณสมบัติการเลียนแบบการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมตามธรรมชาติ ซึ่งจะนำค่าที่เหมาะสมที่สุดจากประชากรรุ่นก่อนมาใช้พิจารณาในการหาคำตอบของประชากรรุ่นถัดมาเพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด [5] ปัจจุบันจึงได้มีการศึกษาเพื่อนำเอาเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาประยุกต์ใช้สำหรับแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิตต่าง ๆ เช่น การศึกษาการจัดลำดับการผลิตงานที่มีเวลาเตรียมงานบนเครื่องจักรที่เป็นอิสระต่อกันโดยใช้วิธีการเจเนติกอัลกอริทึมหาค่าเวลาในการเตรียมงานรวมที่เหมาะสมที่สุดพบว่าวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีเจเนติกอัลกอริทึมกับวิธีฮิวริสติก Closest Unvisited City (CUC) [13] การศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับการจัดลำดับการผลิตแบบตามสั่งเพื่อลดเวลาล่าช้าของงาน วิธีการนี้จะช่วยลดพื้นที่ในการค้นหาคำตอบทำให้เวลาในการค้นหาคำตอบเร็วขึ้น [14] เป็นต้น นอกจากนี้เพื่อให้วิธีการเจเนติกอัลกอริทึมมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นสำหรับปัญหาที่แตกต่างกัน ได้มีงานวิจัยที่ศึกษา

พัฒนาขั้นตอนของเจเนติกอัลกอริทึมขึ้นโดยพัฒนาวิธีการสร้างประชากรเริ่มต้นสำหรับคัดเลือกไปใช้ในขั้นตอนการรีโปรดักชั่น เพื่อสร้างประชากรรุ่นใหม่ [15] ซึ่งจะส่งผลต่อคำตอบที่ได้ให้ดียิ่งขึ้น โดยเปรียบเทียบผลที่ได้กับวิธีการค้นหาแบบตาบู [16] พบว่าวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าเช่นเดียวกัน สำหรับการพัฒนาขั้นตอนการครอสโอเวอร์ซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งของวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมก็ได้มีงานวิจัยที่พัฒนาวิธีการครอสโอเวอร์ขึ้นใหม่จากวิธีการครอสโอเวอร์แบบมาตรฐานโดยพัฒนาเป็นแบบลำดับย่อยมากที่สุด (Longest Common Subsequence Crossover : LCS) [17] ในปัญหาการจัดตารางการผลิตงานที่มีการเปลี่ยนลำดับการผลิตในสายการผลิตที่มีการประกอบชิ้นส่วน ซึ่งพบว่าวิธีการครอสโอเวอร์แบบลำดับย่อยมากที่สุดมีประสิทธิภาพการใช้งานที่ดีกว่า จากงานวิจัยที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าวิธีการแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิตต่าง ๆ มีการพัฒนาการที่ดีขึ้นเรื่อย ๆ ทั้งรูปแบบวิธีการแก้ปัญหาจนมาถึงการพัฒนาขั้นตอนการทำงานในรูปแบบนั้น ๆ ซึ่งในปัจจุบันนอกจากการประยุกต์ใช้วิธีการเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิตแล้ว ได้มีการคิดค้นและพัฒนาวิธีการจเนติกอัลกอริทึมให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นโดยสามารถประยุกต์ใช้กับปัญหาการจัดลำดับการผลิตแบบหลายปัญหา [18] และมีการนำเทคนิคหรือวิธีการอื่น ๆ เข้ามาผสมผสานและประยุกต์ใช้วิธีการให้เหมาะกับเฉพาะปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบที่มีประสิทธิภาพสำหรับปัญหานั้น ๆ หรือที่เรียกว่าเจเนติกอัลกอริทึมลูกผสม (Hybrid Genetic Algorithm) [19, 20, 21] เช่น การใช้วิธีฮิวริสติกร่วมกับเจเนติกอัลกอริทึม [22] และการใช้เจเนติกอัลกอริทึมลูกผสมโดยการนำเทคนิค Variable neighborhood decent (VND) มาใช้ในการแก้ปัญหา [23] เป็นต้น

จากตัวอย่างงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการนำวิธีการต่าง ๆ มาใช้ในการจัดลำดับการผลิต พบว่าวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมเป็นวิธีการหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากเป็นวิธีการฮิวริสติกแบบหนึ่งซึ่งพัฒนามาจากวิธีการอื่น ๆ โดยมีลักษณะการค้นหาคำตอบอย่างมีเหตุผลโดยเลียนแบบการถ่ายทอดทางพันธุกรรมตามธรรมชาติซึ่งได้รับการยอมรับถึงประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ และจากงานวิจัยที่ผ่านมายังไม่มีการนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา โดยก่อนหน้านี้มีงานวิจัยที่ได้พัฒนาระบบจัดการผลิตสินค้าเฟอร์นิเจอร์เพื่อแก้ไขปัญหาลำดับของชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ในการผลิตก่อนหลังทำให้สามารถผลิตสินค้าได้ตรงตามเงื่อนไข แต่ก็ยังไม่สามารถแก้ปัญหาได้ดีนักโดยไม่สามารถกำหนดงานให้กับแต่ละชิ้นส่วนได้ [24] งานวิจัยนี้จึงนำเอาวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมมาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบของปัญหาการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราซึ่งถือเป็นปัญหาที่มีขนาดใหญ่ และมีเงื่อนไขในการผลิตที่ซับซ้อนโดยการพิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานที่ต่ำที่สุด ซึ่งวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมจะช่วยค้นหาลำดับการผลิตที่เหมาะสมสำหรับปัญหาการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราได้

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ คือ

1.3.1 เพื่อศึกษากระบวนการและเงื่อนไขในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

1.3.2 เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา โดยนำวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

หากงานวิจัยครั้งนี้เสร็จสมบูรณ์คาดว่าจะได้รับประโยชน์ คือ

1.4.1 ได้ทราบถึงวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

1.4.2 ได้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

1.4.3 ลดเวลาและความผิดพลาดในการจัดลำดับการผลิต

1.4.4 ทำให้การวางแผนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารามีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.4.5 ลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมเป็นการค้นหาแผนที่ทำให้เกิดเวลาการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต่ำที่สุด

1.4.6 เป็นแนวทางสำหรับผู้ที่สนใจเกี่ยวกับการพัฒนาประสิทธิภาพการจัดลำดับการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมที่มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อน

1.5 ขอบเขตการวิจัย

เพื่อให้การวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์ และสามารถดำเนินการศึกษาตามระยะเวลาที่เหมาะสม จึงได้กำหนดขอบเขตการดำเนินการวิจัย คือ ออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราตั้งแต่ขั้นตอนการขึ้นรูปจนถึงการบรรจุโดยประยุกต์ใช้วิธีการเจเนติกอัลกอริทึมในการหาคำตอบ

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

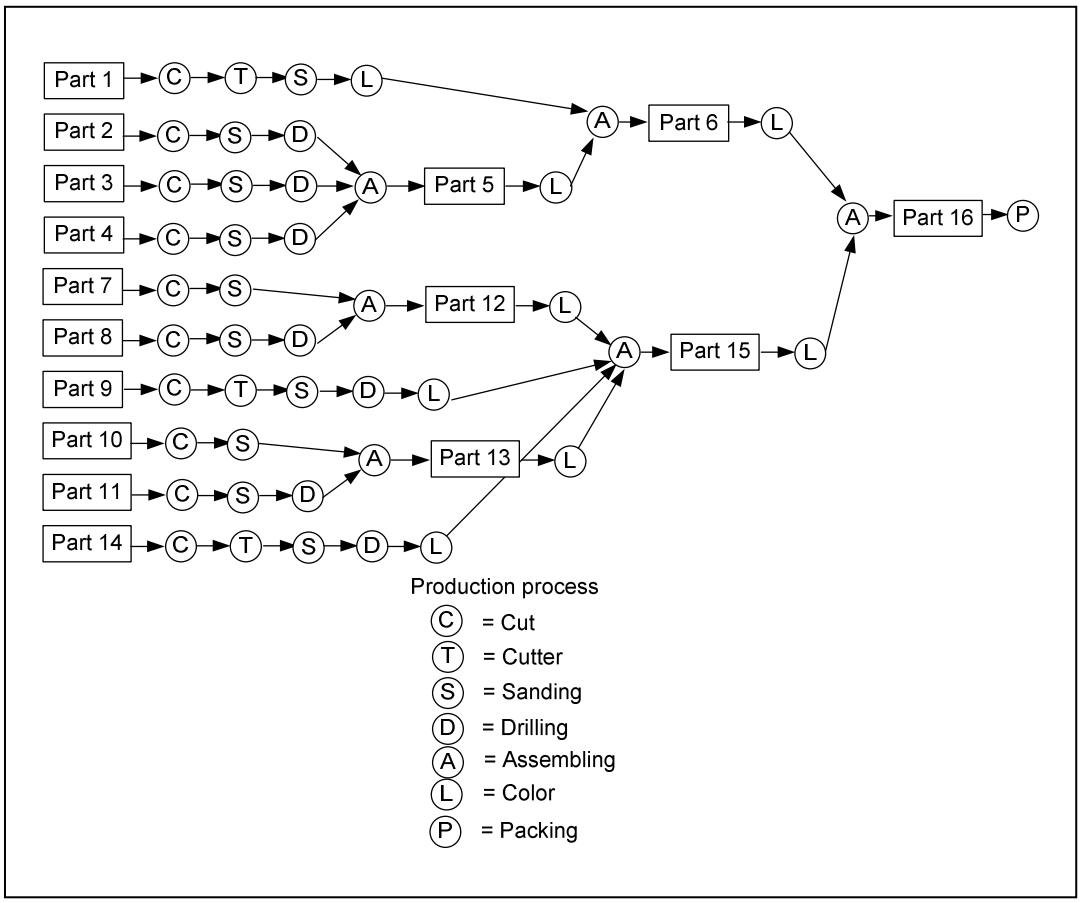
เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึม ในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา ซึ่งจะประกอบด้วยข้อมูลทั่วไปของอุตสาหกรรม การผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา การวางแผนและควบคุม การผลิต การจัดลำดับการผลิต และเจเนติกอัลกอริทึม

2.1 ข้อมูลทั่วไปของอุตสาหกรรมการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

อุตสาหกรรมการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราเป็นอุตสาหกรรมประเภทหนึ่งที่มี บทบาท และมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ สามารถสร้างรายได้ให้แก่ประเทศและเป็น สินค้าส่งออกที่สำคัญปีละหลายหมื่นล้านบาท การปรับปรุงประสิทธิภาพและการจัดการด้านการ ผลิตเพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันกับตลาดคู่แข่ง จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้อุตสาหกรรมการผลิต เฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราสามารถแข่งขันในตลาดโลกได้

การผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราในประเทศไทย มีรูปแบบการผลิต 2 รูปแบบ คือ (1) แบบที่ถอดประกอบไม่ได้ (Finished Furniture) ส่วนใหญ่ผลิตเพื่อจำหน่ายภายในประเทศ และ (2) แบบที่ถอดประกอบได้ (Knocked Down Furniture) ส่วนใหญ่จะผลิตเพื่อการส่งออก โดย เฟอร์นิเจอร์ชนิดนี้จะผลิตในโรงงานขนาดใหญ่ที่เน้นการส่งออกเป็นหลัก เฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา ที่ผลิตขึ้นประมาณร้อยละ 70 จะส่งออกไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ ที่เหลือประมาณร้อยละ 30 เป็นการจำหน่ายในประเทศ การจำแนกลักษณะการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา สามารถจำแนกได้ 3 ลักษณะ คือ (1) ผลิตตามรูปแบบที่ลูกค้ากำหนด (Original Equipment Manufacturing: OEM) (2) ผลิตในรูปแบบที่ออกแบบเอง (Original Design Manufacturing: ODM) และ (3) ผลิตโดยมีตรายี่ห้อ เป็นของตนเอง (Original Brand Manufacturing: OBM) ซึ่งในปัจจุบันลักษณะการผลิตเฟอร์นิเจอร์ ไม้ยางพาราของไทย ส่วนใหญ่เป็นการผลิตตามใบสั่งซื้อที่มีการกำหนดรูปแบบของเฟอร์นิเจอร์ โดยลูกค้า ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่อุตสาหกรรมต้องผลิตมีหลากหลายรูปแบบ หลากหลายขนาด แต่ละ

ผลิตภัณฑ์ประกอบไปด้วยหลายชิ้นส่วน ยกตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์เก้าอี้ จะต้องประกอบไปด้วยขาหน้า-ซ้าย ขาหลัง-ซ้าย ขาหน้า-ขวา ขาหลัง-ขวา พนักพิง เท้าแขน และส่วนที่นั่ง เป็นต้น แต่ละชิ้นส่วนจะประกอบไปด้วยกรรมวิธีการผลิตหลายขั้นตอน [25] ดังแสดงในภาพประกอบ 2.1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า 1 ผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยหลายชิ้นส่วน และแต่ละชิ้นส่วนต้องผ่านขั้นตอนการผลิตหลายขั้นตอน

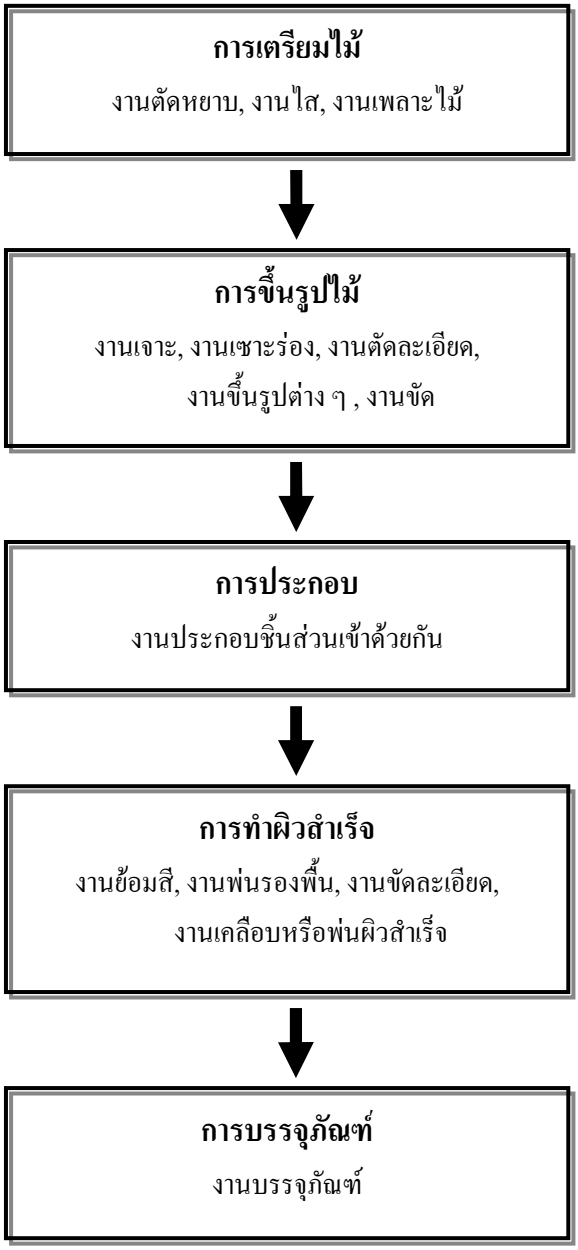


ภาพประกอบ 2.1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยหลายชิ้นส่วนและหลายขั้นตอน
ที่มา Rattanamanee et al. 2005

2.2 กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราส่วนใหญ่ต้องอาศัยแรงงานคนในการผลิต โดยเฉพาะในขั้นตอนที่ต้องการความประณีต เช่น ขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนซึ่งไม่สามารถ

ใช้เครื่องจักรในการประกอบชิ้นส่วนได้ และมีบางขั้นตอนที่มีการนำระบบอัตโนมัติมาใช้ เช่น ขั้นตอนการไสหรือการตีบัว แต่ส่วนใหญ่มักเป็นการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ คือใช้แรงคนงานช่วยเครื่องจักร เช่น ช่วยป้อนไม้เข้าเครื่อง รับไม้ที่ผ่านจากเครื่องออกมา หรือทากาวหน้าไม้ก่อนเข้าเครื่องอัด เป็นต้น กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราสามารถแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ดังภาพประกอบ 2.2 ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละกระบวนการดังนี้ [1]



ภาพประกอบ 2.2 กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

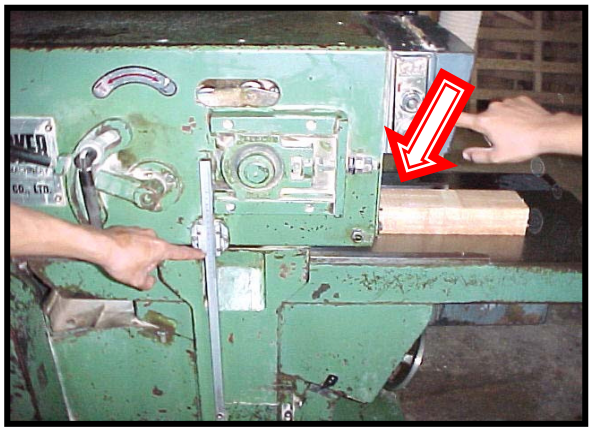
ก การเตรียมไม้

การเตรียมไม้เป็นกระบวนการแรกของการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ๆ ดังต่อไปนี้

(1) การตัดหยาบ เป็นขั้นตอนการนำไม้ยางพาราแปรรูปที่ผ่านกระบวนการจากโรงงานแปรรูปไม้ (โรงเลื่อย) มาตัดเป็นแผ่นตามขนาดมาตรฐานต่าง ๆ ไม้ที่มาจากโรงงานแปรรูปนี้จะถูกนำเข้ามาตัดหยาบก่อนโดยการตัดส่วนที่เป็นตำหนิของไม้ทิ้งเช่น ตา หรือการบิดงอและแตกร้าวด้วยเครื่องเลื่อยวงเดือนหรือเครื่องเลื่อยแบบตัดอัตโนมัติซึ่งเป็นเครื่องมือพื้นฐานของโรงงานเฟอร์นิเจอร์ทั่วไปดังภาพประกอบ 2.3 ซึ่งแสดงการตัดไม้แปรรูปให้ได้ขนาดตามต้องการด้วยเครื่องเลื่อยแบบตัดอัตโนมัติ

ภาพประกอบ 2.3 การตัดหยาบด้วยเครื่องเลื่อยแบบตัดอัตโนมัติ

(2) การไสไม้ เป็นขั้นตอนการขูดผิวไม้ให้เรียบเสมอกันเพื่อลดขนาดไม้ ในขั้นตอนนี้จะมีเครื่องไสไม้หลายชนิดเพื่อให้ไม้เรียบและได้ขนาดตามต้องการ โดยมีเครื่องไสชนิดหน้าเดียว เครื่องไสสองหน้า และ เครื่องไสสี่หน้า เป็นต้น เครื่องจักรไสไม้ส่วนใหญ่เป็นเครื่องจักรแบบกึ่งอัตโนมัติ คือยังต้องใช้คนป้อนเข้าเครื่องและหยิบออกจากเครื่อง ตัวอย่างการไสไม้ด้วยเครื่องไสสองหน้าเป็นดังภาพประกอบ 2.4



ภาพประกอบ 2.4 การไสไม้ด้วยเครื่องไส 2 หน้า

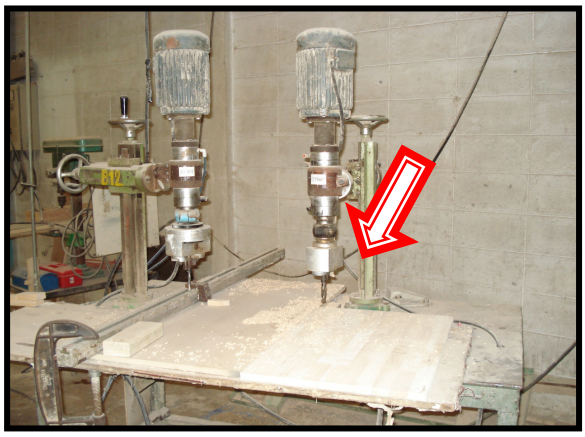
(3) การเพลาะไม้ เป็นขั้นตอนการนำไม้ 2 ชิ้นขึ้นไปมาอัดประสานด้วยกาวด้วยเครื่องเพลาะอัตโนมัติโดยมีหลักการทำงานคือ เมื่อเรียงไม้ที่ทากาวจนครบตามขนาดที่ต้องการจะเพลาะแล้วเครื่องเพลาะจะทำหน้าที่อัดประสานให้ไม้ติดเป็นแผนเดียวกัน ดังภาพประกอบ 2.5 ซึ่งแสดงการเพลาะไม้ด้วยเครื่องเพลาะอัตโนมัติ

ภาพประกอบ 2.5 การเพลาะไม้ด้วยเครื่องเพลาะอัตโนมัติ

ข การขึ้นรูปไม้

การขึ้นรูปไม้ เป็นขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเฟอร์นิเจอร์ให้ได้ขนาดหรือรูปร่างตามแบบที่ต้องการ กระบวนการนี้ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ๆ ดังนี้

(1) การเจาะ เป็นกระบวนการเจาะไม้ในแนวนอนหรือแนวตั้งใช้สำหรับใส่เดือยหรือไม้ยึดในการประกอบชิ้นส่วนเข้าด้วยกัน เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ เครื่องเจาะนอน และเครื่องเจาะดิ่ง ตัวอย่างการเจาะแสดงได้ดังภาพประกอบ 2.6 ซึ่งแสดงการเจาะรูไม้ในแนวนอนด้วยเครื่องเจาะดิ่ง



ภาพประกอบ 2.6 การเจาะรูไม้ด้วยเครื่องเจาะดิ่ง

(2) การตัดละเอียด เป็นขั้นตอนการตัดความยาวของไม้ให้ได้ตามขนาดจริง หรือตัดไม้เป็นมุมต่าง ๆ เพื่อใช้ในการประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกันโดยใช้เครื่องตัดละเอียด ซึ่งจะแตกต่างจากเครื่องตัดหยาบคือจะต้องตัดให้ได้ตามขนาดหรือรูปร่างที่จะนำไปใช้งานจริง ในขณะที่การตัดหยาบจะเป็นเพียงการตัดเพื่อให้ได้ความยาวของไม้ที่จะนำมาตัดละเอียดอีกครั้งเพื่อให้ได้รูปร่างต่าง ๆ ตามขนาดที่ใช้งานจริงดังภาพประกอบ 2.7 ซึ่งแสดงการตัดละเอียดไม้ที่ผ่านการตัดหยาบมาแล้ว

ภาพประกอบ 2.7 การตัดไม้ด้วยเครื่องตัดละเอียด

(3) การขัด เป็นขั้นตอนที่นำกระดาษทรายมาขัดผิวของชิ้นงานเพื่อให้ผิวเรียบ โดยใช้เครื่องปัด เครื่องขัดบัวนิ่ม หรือเครื่องขัดสามเหลี่ยม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของชิ้นงานที่จะทำการขัด ตัวอย่างการขัดแสดงได้ดังภาพประกอบ 2.8 ซึ่งเป็นการขัดชิ้นงานด้วยเครื่องขัดสามเหลี่ยม

ภาพประกอบ 2.8 การขัดชิ้นงานด้วยเครื่องขัดสามเหลี่ยม

ค การประกอบ

สำหรับเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราที่ส่งออกส่วนใหญ่จะทำเป็นแบบถอดประกอบได้ เพื่อความสะดวกและประหยัดเนื้อที่ในการขนส่ง การประกอบจะใช้กาว สกรู หรือตะปู ขึ้นอยู่กับความแข็งแรงที่ต้องการ ดังนั้นจึงใช้แรงงานคนในการประกอบเป็นหลัก ดังแสดงในภาพประกอบ 2.9 ซึ่งแสดงการประกอบแผงหัวของกั้นไม้ด้วยแรงงานคน

ภาพประกอบ 2.9 การประกอบแผงกั้นไม้ด้วยแรงงานคน

ง การทำผิวสำเร็จ

การทำผิวสำเร็จจะมีขั้นตอนย่อย ๆ คือ การอุดและแต่งผิวไม้ในกรณีมีตำหนิของงานย้อมสี งานตกแต่งผิว และงานเคลือบผิวสำเร็จ กระบวนการนี้ส่วนใหญ่จะใช้แรงงานคนและใช้ความชำนาญเฉพาะทาง เครื่องมือที่ใช้จึงเป็นเพียงส่วนประกอบ ตัวอย่างการทำผิวสำเร็จเป็นดังภาพประกอบ 2.10 ซึ่งแสดงการแต่งผิวไม้ที่ผ่านการย้อมสีมาแล้วด้วยแรงงานคน

ภาพประกอบ 2.10 การทำผิวสำเร็จด้วยแรงงานคน

จ บรรจุภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์และชิ้นส่วนถอดประกอบเมื่อผ่านกระบวนการทำผิวสำเร็จแล้วจะนำไปบรรจุในกล่องกระดาษแข็งขนาดต่าง ๆ ตามประเภทของผลิตภัณฑ์ เพื่อป้องกันความเสียหายจากการขนส่งตามความเหมาะสมก่อนบรรจุลงคอนเทนเนอร์เพื่อส่งจำหน่ายต่อไป ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่บรรจุลงกล่องแล้วเป็นดังภาพประกอบ 2.11

ภาพประกอบ 2.11 การบรรจุภัณฑ์

2.3 การวางแผนและควบคุมการผลิต

การวางแผนและควบคุมการผลิตมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด และได้ผลลัพธ์เป็นที่พอใจแก่ความต้องการของลูกค้า ความหมายของทรัพยากรในที่นี้ รวมหมายถึงสิ่งอำนวยความสะดวกในการผลิต เช่น เครื่องจักรและอุปกรณ์ แรงงานและวัตถุดิบ การวางแผนการผลิตนั้นมีลำดับขั้นที่สามารถแยกย่อยได้ตามช่วงเวลา คือ การวางแผนการผลิตระยะยาว ระยะกลาง และระยะสั้น ซึ่งในแต่ละลำดับขั้นนั้นก็จะมีจุดประสงค์และหัวข้อที่เป็นองค์ประกอบของการวางแผนแตกต่างกัน ดังนี้ [26]

(1) การวางแผนการผลิตระยะยาว (Long-term Production Planning) หมายถึง การวางแผนการผลิตในช่วงเวลามากกว่า 1 ปี ขึ้นไป โดยทั่วไปแล้วจะอยู่ระหว่าง 3-5 ปี ซึ่งเป็นการวางแผนระดับกลยุทธ์ (Strategic Level) โดยมีจุดประสงค์เพื่อการตัดสินใจในการเตรียมความพร้อมด้านกำลังการผลิตสำหรับการดำเนินการในอนาคต เช่น อาคาร สถานที่ เครื่องจักรหลัก หรือสาธารณูปโภคของโรงงาน เป็นต้น

(2) การวางแผนการผลิตระยะกลาง (Mid-term Production Planning) หมายถึง การวางแผนการผลิตในช่วงเวลาระหว่าง 1-12 เดือนข้างหน้า ซึ่งเป็นการวางแผนระดับการจัดการ (Managerial Level) มีจุดประสงค์เพื่อจัดสรรการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้สามารถเกิดผลอย่างเต็มที่ในกระบวนการผลิต คำว่าทรัพยากรในที่นี้หมายถึงสิ่งที่เป็นปัจจัยสำหรับการผลิต เช่น วัตถุดิบ แรงงาน เครื่องจักร และเครื่องมือ เป็นต้น การวางแผนการผลิตระยะกลางนี้จะมีองค์ประกอบสำคัญดังนี้

(2.1) การวางแผนการผลิตรวม (Aggregate Planning) เป็นลำดับขั้นแรกของการวางแผนการผลิตระยะกลาง ซึ่งแผนการผลิตรวมเป็นแผนที่สร้างขึ้นเพื่อเชื่อมโยงความสามารถในการผลิตทั้งหมดที่มีอยู่ให้สอดคล้องกับความต้องการในตัวสินค้าทั้งหมดที่จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาต่าง ๆ ทั้งนี้จะยังไม่เจาะจงรายละเอียดว่าสินค้ารุ่นใดหรือชนิดใดจะต้องมีระดับของปัจจัยการผลิตเท่าใด แต่จะเป็นการกำหนดในลักษณะการพิจารณาโดยรวมทั้งหมด การวางแผนขั้นนี้จะยังเป็นภาพรวมอยู่ จึงเป็นสาเหตุที่ใช้ชื่อเรียกว่า Aggregate Planning ความสำคัญของการวางแผนในหัวข้อนี้คือ เป็นการจัดเตรียมทรัพยากรการผลิตในระยะกลางให้สอดคล้องกับแผนการผลิตที่จะเกิดขึ้นภายใต้กำลังการผลิตที่ได้กำหนดไว้

(2.2) การจัดตารางการผลิตหลัก (Master Production Scheduling : MPS) เป็นการจัดทำแผนการผลิตที่ระบุเจาะจงลงไปว่าจะทำการผลิตชิ้นงานอะไร จำนวนเท่าใด และจะต้องเสร็จสมบูรณ์เมื่อใด โดยทั่วไปมักจะจัดทำตารางการผลิตหลักเป็นรายเดือนหรือรายสัปดาห์ ขึ้นอยู่กับ

ความเหมาะสมของการผลิตนั้น ๆ ข้อมูลในตารางการผลิตหลักจะมาจากการแปลงค่าจากการพยากรณ์ยอดขาย ซึ่งอาจจะคำนวณตามหลักทางสถิติหรือมาจากใบสั่งซื้อของลูกค้า ซึ่งจะบอกชนิด ปริมาณ และวันกำหนดส่งมอบอย่างชัดเจน ทั้งนี้การจัดทำตารางการผลิตหลักจะต้องมีความสอดคล้องกับแผนการผลิตรวมที่ได้กำหนดไว้แล้วด้วย

(2.3) การวางแผนความต้องการวัสดุ (Material Requirement Planning : MRP) เป็นเทคนิคในการจัดการเกี่ยวกับความต้องการวัตถุดิบ ชิ้นส่วนประกอบ และวัสดุอื่น ๆ เพื่อให้สามารถรู้ถึงปริมาณความต้องการในแต่ละช่วงเวลา และสามารถจัดหาได้อย่างเพียงพอและทันเวลากับความต้องการในทุก ๆ ขั้นตอนการผลิต โดยข้อมูลจากตารางการผลิตหลักจะบอกถึงสิ่งที่จะต้องผลิตว่ามีจำนวนเท่าใด ในเวลาใด จากนั้นจะพิจารณาถึงส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ที่จะผลิตว่าประกอบด้วยวัตถุดิบ ชิ้นส่วน ชิ้นส่วนประกอบ และวัสดุอื่น ๆ อะไรบ้าง เพื่อจะใช้ในการจัดหา โดยจะต้องดูข้อมูลปริมาณจากในคลังวัสดุที่มีช่วงเวลาที่ใช้ในการจัดหา ผลิตภัณฑ์ที่มีขั้นตอนการผลิตซับซ้อน มีชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ เป็นจำนวนมากจะใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการคำนวณ ซึ่งจะทำให้รวดเร็วและถูกต้องมากขึ้น เทคนิคนี้จะประยุกต์ใช้กับระบบการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง แต่จะไม่ประยุกต์ใช้กับระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง

(2.4) การวางแผนความต้องการกำลังการผลิต (Capacity Requirement Planning : CRP) เป็นการจัดทำแผนที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดกำลังการผลิตที่จำเป็นสำหรับแต่ละสถานีงาน (Working Station) เช่น แรงงาน เครื่องจักร หรือปัจจัยการผลิตทางกายภาพอื่น ๆ ว่าควรจะต้องมีปริมาณเท่าใด และต้องการในช่วงเวลาใด โดยจะรับข้อมูลความต้องการวัสดุจากการวางแผนความต้องการวัสดุ มาทำการประเมินผลเกี่ยวกับภาระงานของสถานีงานต่าง ๆ ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถมั่นใจได้ว่ากำลังการผลิตที่มีอยู่ และกำลังการผลิตที่ต้องการในช่วงเวลานั้นมีความสมดุลเพียงพอสำหรับแต่ละหน่วยงานโดยพยายามไม่ให้เกิดเหตุการณ์ที่มีภาระงานมากเกินไป มีภาระงานน้อยเกินไป หรือเกิดคอขวด (Bottle Neck)

(3) การวางแผนการผลิตระยะสั้น (Short-Term Production Planning) หมายถึงการวางแผนการผลิตที่มีช่วงเวลาเป็นรายสัปดาห์หรือรายวัน ขึ้นอยู่กับปริมาณงานและความซับซ้อนของกระบวนการผลิต เป็นการวางแผนระดับปฏิบัติการที่มีจุดประสงค์เพื่อจัดเตรียมการกำหนดเวลาในการทำงานให้กับทรัพยากรการผลิตที่เกี่ยวข้อง เช่น แรงงาน เครื่องจักร เครื่องมือ รวมทั้งช่วงเวลาในการปฏิบัติงานของแต่ละสถานีงานด้วย การวางแผนการผลิตระยะสั้นนี้จะมุ่งเน้นเรื่องการจัดลำดับการผลิตเป็นหลัก ซึ่งถือเป็นลำดับขั้นสุดท้ายของระบบการวางแผนการผลิต โดยจะต้องมีความยืดหยุ่นตัวได้ค่อนข้างสูงเพื่อให้สอดคล้องกับสถานภาพของกระบวนการผลิต

2.4 การจัดลำดับการผลิต (Production Scheduling) [27]

การจัดลำดับการผลิต เป็นการจัดสรรทรัพยากรการผลิตไม่ว่าจะเป็น แรงงาน เครื่องจักร หรือสิ่งอำนวยความสะดวก ให้ดำเนินการผลิตตามที่ได้รับมอบหมายภายในช่วงเวลาที่กำหนดไว้ ซึ่งรับช่วงต่อมาจากการวางแผนความต้องการวัสดุ และการวางแผนความต้องการกำลังการผลิต ทั้งนี้การจัดลำดับการผลิตจะเกี่ยวข้องกับเรื่องการทำงาน และการจัดลำดับงาน (Job Sequencing) ให้กับแต่ละหน่วยงาน การจัดลำดับการผลิตเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งของการผลิตทั้งแบบต่อเนื่อง และแบบกลุ่ม รวมถึงแบบไม่ต่อเนื่อง เพราะต้องจัดสรรทรัพยากรการผลิตที่มีอยู่ให้ผลิตผลิตภัณฑ์หลายชนิด ดังนั้นจึงต้องใช้ทรัพยากรทั้งด้านแรงงานคน และเครื่องจักรอุปกรณ์ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด จากการวิเคราะห์ระบบการวางแผนการผลิตทั้งหมดจะพบว่า ในการวางแผนการผลิตแต่ละลำดับขั้นนั้นต้องมุ่งเน้นในการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรการผลิตที่มีอยู่ให้เกิดผลสูงสุด ซึ่งจะต้องมีการติดตามตรวจสอบผลลัพธ์การผลิตจริงที่เกิดขึ้นว่าเป็นไปตามแผนการผลิตหรือไม่โดยการประสานงานและสื่อสารข้อมูลที่จำเป็นระหว่างหน่วยงาน หากมีปัญหาใดเกิดขึ้นก็อาจจะต้องมีการปรับเปลี่ยนแผนการผลิตให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้เพื่อให้กระบวนการผลิตสามารถดำเนินการภายใต้ข้อกำหนดต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โดยปกติแล้วข้อจำกัด (Constraint) ของปัญหาการจัดลำดับการผลิตที่ควรคำนึงถึงแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ข้อจำกัดของเครื่องจักร (Resource Constraint) และข้อจำกัดของลำดับการผลิตของงานที่จะถูกผลิต (Technological Constraint) ข้อจำกัดของเครื่องจักรนั้นจะขึ้นอยู่กับกำลังการผลิตและทรัพยากรที่มีอยู่ ส่วนข้อจำกัดของลำดับงานแต่ละงานที่ถูกผลิตนั้นจะขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ตามลำดับก่อนหลังของงาน ซึ่งงานแต่ละงานก็อาจมีระดับความสำคัญของงานที่แตกต่างกัน นั่นแสดงว่าเครื่องจักรจะไม่สามารถผลิตงานชิ้นต่อไปได้ หากงานที่ผลิตอยู่ยังไม่ถูกทำการผลิตให้เสร็จเรียบร้อยเสียก่อน ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับปัญหาของระบบ ผลของการจัดลำดับการผลิตจะทำให้เครื่องจักรแต่ละเครื่องทำงานต่าง ๆ ตามลำดับที่จัดเอาไว้ งานใดที่ยังไม่ได้ทำการผลิตก็จะรอคอยอยู่หน้าเครื่องจักร ดังนั้นปัญหาการจัดลำดับการผลิตจึงเกี่ยวข้องกับการกำหนดการทำงานของเครื่องจักรให้ผลิตงานหรือผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันโดยคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนด

การจัดทำรายละเอียดของลำดับการผลิต เป็นขั้นตอนที่จะต้องจัดงานให้เครื่องจักรทำการผลิตในแต่ละวันหรือแต่ละชั่วโมงโดยจะแสดงให้ทราบว่าเครื่องจักรแต่ละเครื่องเริ่มทำการผลิตแต่ละงานเมื่อใด ทำการผลิตเสร็จเมื่อใด รอคอยในช่วงเวลาใด มีเครื่องจักรใดบ้างว่างงาน และว่างงานในช่วงเวลาใด ทั้งนี้ก็เพื่อให้สามารถทำการผลิตเสร็จทันตามกำหนดเวลา ตามความต้องการ

ของลูกค้าโดยก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดซึ่งในการดำเนินการผลิตจริงนั้น ผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบงานการจัดลำดับการผลิตมักจะพบว่าต้องมีการปรับเปลี่ยนลำดับการผลิตอยู่ตลอดเวลา ลำดับงานที่เคยวางไว้ไม่สามารถนำไปใช้จริงได้เมื่อเกิดความคลาดเคลื่อนระหว่างลำดับการผลิตและความต้องการที่เกิดขึ้นจริงส่งผลให้กระบวนการผลิตที่ดำเนินตามลำดับการผลิตดังกล่าวเป็นกระบวนการที่ไม่มีประสิทธิภาพตามไปด้วยถึงแม้ว่าทรัพยากรผลิตทางด้านต่าง ๆ เช่น แรงงาน เครื่องจักร หรือวัตถุดิบ จะมีความพร้อมเพียงใดก็ตาม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการพิจารณาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบการจัดลำดับการผลิตเพื่อกำหนดแนวทางในการปรับปรุงต่อไป

ปัญหาเรื่องการจัดลำดับการผลิตนับว่ามีความยุ่งยากมาก ดังนั้นการจัดลำดับงานที่จะให้ได้ผลเป็นไปตามความประสงค์จึงไม่ใช่เรื่องที่ทำได้ง่ายนัก ทั้งนี้เนื่องจากว่างานต่าง ๆ นั้นมีหลายขั้นตอนที่จะต้องทำไปตามลำดับ การใช้เวลาตั้งเครื่องก็เป็นส่วนหนึ่งที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับการจัดลำดับงาน นอกจากนั้นอุปกรณ์ที่ใช้ในแต่ละหน่วย อาจมีกำลังความสามารถในการผลิตแตกต่างกัน การนำเอากฎเกณฑ์หรือวิธีฮิวริสติกมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิตจะช่วยเน้นถึงการแก้ปัญหาที่ยุ่งยากจากสถานการณ์จริงโดยมีจุดประสงค์ที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานของทรัพยากร ลดเวลาการรอคอย และลดความล่าช้าที่เกิดขึ้นให้เหลือน้อยที่สุด ตัวอย่างกฎเกณฑ์หรือวิธีฮิวริสติกที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิตโดยทั่วไปคือการจัดลำดับงานโดยใช้กฎความสำคัญ และในปัจจุบันได้มีการประยุกต์วิธีการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้นเพื่อการรองรับปัญหาที่มีความซับซ้อนและมียุ่งยากซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของการจัดลำดับงานด้วย

2.4.1 การจัดงาน n ชนิดให้กับเครื่องจักร 1 เครื่อง [27]

ปัญหาการจัดงาน n ชนิดให้กับเครื่องจักร 1 เครื่อง เป็นปัญหาการจัดลำดับการผลิตประเภทหนึ่งซึ่งมีการตัดสินใจเพียงอย่างเดียวเท่านั้นที่ใช้ในการจัดลำดับคือ การเรียงลำดับของงาน แม้ว่าปัญหานี้จะเป็นปัญหาที่ค่อนข้างง่ายในการพิจารณาและทำความเข้าใจ แต่ก็มีความสำคัญอย่างมากในทางปฏิบัติ กล่าวคือ การจัดงานให้กับเครื่องจักร 1 เครื่อง มีประโยชน์ต่อกระบวนการเรียนรู้ และเป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาปัญหาการจัดลำดับที่มีความซับซ้อนมากขึ้นในอนาคต เนื่องจากแบบจำลองที่ใช้สำหรับเครื่องจักร 1 เครื่องนี้ เป็นแบบจำลองที่ค่อนข้างง่าย ทำให้เราสามารถเรียนรู้ถึงกลไกในการหาคำตอบโดยใช้วิธีการที่หลากหลายได้กับหลายตัววัดสมรรถนะ ดังนั้นแบบจำลองสำหรับเครื่องจักร 1 เครื่อง จึงเป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนาแนวความคิดเกี่ยวกับการจัดลำดับ ทำให้ทราบถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ใช้ในการจัดลำดับ และยังเป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาแบบจำลองสำหรับแบบจำลองที่ซับซ้อนขึ้นไป

คุณสมบัติของการจัดงาน n ชนิดให้กับเครื่องจักร 1 เครื่อง มีดังนี้

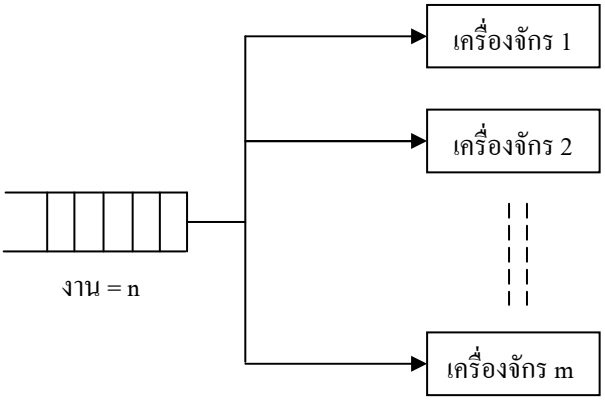
1. เวลาในการทำงานและเวลากำหนดส่งงานของแต่ละงาน จะกำหนดไว้ล่วงหน้าก่อนแล้ว

2. การตัดสินใจเลือกเอางานใด ๆ เข้าทำอันดับที่ 1, 2 และ 3 จะขึ้นอยู่กับการจัดลำดับงานซึ่งจะมีผลกระทบต่องานที่ต้องการจะทำให้เสร็จ

3. เวลาที่ใช้ทำงานทั้ง n ชนิดให้เสร็จ จะมีค่าคงที่ไม่ว่าจะจัดลำดับงานอย่างไร

2.4.2 การจัดงาน n ชนิดให้กับเครื่องจักร m เครื่องที่วางขนานกัน [27]

ในกรณีนี้พิจารการใช้เครื่องจักรหลายเครื่องโดยที่เครื่องจักรเหล่านี้วางขนานกัน ซึ่งกำหนดให้มีจำนวน m เครื่อง ซึ่งการเคลื่อนที่ของงานเข้าสู่เครื่องจักรที่วางขนานกันนี้เป็นดังภาพประกอบ 2.12 โดยจะอนุญาตให้งานใดก็ตาม สามารถเข้าไปยังเครื่องจักรได้เพียงเครื่องเดียวเท่านั้น โดยไม่สามารถจะโยกย้ายไปยังเครื่องอื่นได้ ปัญหาที่จะนำมาพิจารณาคือ การเลือกใช้เครื่องจักรและการจัดลำดับงานสำหรับเครื่องจักรแต่ละเครื่อง โดยมีจุดประสงค์ให้ค่าเฉลี่ยของเวลาในการทำงานมีค่าน้อยที่สุด และเวลาในการเสร็จสิ้นการทำงานน้อยที่สุด

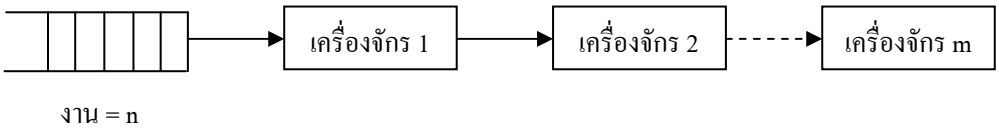


ภาพประกอบ 2.12 แสดงการเคลื่อนที่ของงานเข้าสู่เครื่องจักรที่วางขนานกัน

ที่มา ชุมพล ศฤงคารศิริ. 2548

2.4.3 การจัดงาน n ชนิดให้กับเครื่องจักร m เครื่องที่วางเรียงกัน [27]

การจัดลำดับงานแบบนี้ จำนวนงานทั้งหมด n ชนิดจะต้องผ่านเครื่องจักร m เครื่อง ที่วางเรียงกันดังแสดงในภาพประกอบ 2.13 วัตถุประสงค์ของการจัดลำดับเวลางานก็เพื่อลดเวลาในการทำงานรวมของงาน n ชนิดให้น้อยลง คือ ลดเวลางานที่อยู่ในระบบ และเวลาเสร็จงานที่ช้ากว่ากำหนด



ภาพประกอบ 2.13 แสดงการจัดงาน n ชนิดผ่านเครื่องจักร m เครื่องที่วางเรียงกัน
ที่มา ชุมพล ศฤงคารศิริ. 2548

2.4.4 การจัดลำดับงานโดยใช้กฎความสำคัญ [28]

สำหรับงานที่ผ่านการทำงานเพียงขั้นตอนเดียวหรือสถานีการทำงานเดียว เช่น การผ่านชิ้นงานเข้าเครื่อง CNC หรือเครื่องจักรอื่น ๆ การวางแผนการผลิตของสินค้าที่ผ่านกระบวนการแปรรูปในขั้นตอนเดียว หรือลักษณะการทำงานใด ๆ ก็ตามที่เสร็จสิ้นภายในหนึ่งขั้นตอนของการทำงานหรือในหนึ่งสถานีการทำงานเราสามารถจัดลำดับงานให้เหมาะสมซึ่งหมายถึงการจัดลำดับงานที่ทำให้เวลาโดยรวมทั้งหมดของการทำงาน (Total Lead Time) สั้นที่สุดโดยใช้เทคนิคของการจัดลำดับงานโดยใช้กฎความสำคัญซึ่งกระทำได้โดยการจัดงานใน 4 ลักษณะดังต่อไปนี้

(1) มาก่อนได้รับบริการก่อน (First Come First Serve: FCFS)

เป็นการจัดลำดับงานโดยให้ทำงานที่เข้ามาก่อนเป็นอันดับแรกและทำงานที่เข้ามาทีหลังเป็นอันดับต่อไป ซึ่งหากพิจารณาจากเกณฑ์การวัดประสิทธิภาพการผลิตแล้ว วิธี FCFS จะเป็นวิธีที่ไม่ค่อยดีนักแต่ถ้าพิจารณาในแง่ของความเป็นธรรมแล้วงานที่เข้าก่อนก็ควรจะได้รับการปฏิบัติก่อนซึ่งข้อเสียที่เด่นชัดของการจัดงานตามวิธีดังกล่าวคืองานที่ใช้เวลาทำมากจะทำให้งานอื่น ๆ ที่ตามมาต้องคอยนาน โดยทั่วไปแล้ววิธีการจัดงานแบบ FCFS เหมาะกับงานด้านการให้บริการ เช่น งานร้านอาหาร โรงภาพยนตร์ และธนาคาร เป็นต้น

(2) ทำงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน (Shortage Processing Time: SPT)

หมายถึงการจัดลำดับความสำคัญของการทำงานโดยให้ทำงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อนแล้วจึงค่อยทำงานที่ใช้เวลามากเป็นลำดับถัดไป จะเห็นได้ว่า SPT เป็นวิธีที่มุ่งในการลดเวลาแล้วเสร็จของงานแต่ละงานและพยายามทำให้งานต่าง ๆ ออกจากระบบการผลิตไปให้เร็วที่สุด ข้อดี

ของการจัดงานแบบ SPT คือ เวลาโดยเฉลี่ยของงานในระบบจะต่ำที่สุดทำให้เกิดสินค้าคงเหลือในระหว่างการผลิตน้อยและสามารถประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บแต่ข้อเสียของ SPT คืองานที่ใช้เวลาในการผลิตนาน ๆ มักถูกผลักไปอยู่ในอันดับท้ายทำให้มีเกิดการรอคอยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่เกิดมีงานใหม่เข้ามาแทรกอยู่เสมอ ๆ และเป็นงานที่ใช้เวลาน้อยกว่าซึ่งหากใช้ SPT ในการจัดลำดับงานที่เข้ามาแทรกก็จะได้รับการจัดอันดับให้ทำก่อนทำให้งานที่ใช้เวลาในการผลิตนาน ๆ เกิดการรอคอยที่นานมากยิ่งขึ้นไปเรื่อย ๆ

(3) ทำงานที่มีกำหนดส่งมอบเร็วสุดก่อน (Earliest Due Date: EDD)

หมายถึงการจัดลำดับความสำคัญในการทำงานโดยให้ทำงานที่มีกำหนดส่งมอบเร็วที่สุดก่อนแล้วจึงค่อยทำงานที่มีกำหนดส่งมอบนานกว่าเป็นลำดับถัดไป โดยทั่วไปแล้ว EDD เป็นวิธีที่มุ่งเน้นลดการล่าช้าจากกำหนดการส่งมอบงานถึงแม้ว่าวิธีนี้จะดูสมเหตุสมผลและเป็นวิธีที่นิยมใช้ปฏิบัติกันโดยทั่วไปก็จริงแต่วิธีการดังกล่าวอาจทำให้มีจำนวนงานที่เข้ามาในระบบมากกว่าวิธีการอื่น ๆ (หมายถึง พนักงานจะมีงานยุ่งอยู่ตลอดเวลา) และทำให้เกิดสินค้าคงเหลือระหว่างผลิตสูงเนื่องจากในการจัดลำดับการทำงานตามหลักของ EDD นั้นไม่ได้มีการนำเอาเวลาที่ใช้ในการทำงานมาพิจารณาร่วมด้วย

(4) ทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อน (Longest Processing Time: LPT)

หมายถึงการจัดลำดับความสำคัญในการทำงานโดยให้ทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดเป็นอันดับแรกแล้วจึงค่อยทำงานที่ใช้เวลาน้อยกว่าเป็นอันดับถัดมา โดยทั่วไปแล้ว LPT มักจะเป็นวิธีที่ส่งผลเสียต่อประสิทธิภาพโดยรวมของการผลิตมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น ๆ เพราะการจัดงานแบบ LPT มักทำให้เวลาที่ใช้ในการผลิตงานทั้งหมดนานและยังทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานทรัพยากรด้านการผลิต (เครื่องจักร กำลังคน ฯลฯ) ต่ำอีกด้วย แต่ข้อดีของการจัดงานแบบ LPT ประการหนึ่งก็คือสามารถสร้างขวัญและกำลังใจในการทำงานให้แก่พนักงานได้เนื่องจากเมื่องานยาก ๆ ที่ใช้เวลานานผ่านไปแล้วก็จะเหลือแต่งานง่าย ๆ ที่ใช้เวลาไม่นานทำให้กำลังใจในการทำงานดีขึ้น

2.4.5 ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพในการจัดลำดับความสำคัญ [29]

เกณฑ์การตัดสินใจในการเลือกการจัดลำดับของงานตามแบบหนึ่งแบบใดใน 4 แบบดังกล่าวข้างต้น สามารถพิจารณาได้จากค่าดัชนีชี้วัด 4 ตัวดังต่อไปนี้

(1) เวลาเฉลี่ยการแล้วเสร็จของงาน (Average Completion Time)

คือเวลาโดยเฉลี่ยทั้งหมดของการแล้วเสร็จของงาน ซึ่งหาได้จากการนำเอาเวลาที่ใช้ในการทำงาน (Processing Time) และเวลาที่ต้องรอคอยการเข้าผลิต (Idle Time) ของทุก ๆ งานมารวมกันซึ่งเรียกรวมกันว่า “เวลาทั้งหมดในการทำงาน” (Total Flow Time) แล้วนำเวลาดังกล่าวนี้มาหารด้วยจำนวนงานทั้งหมด (No. of Jobs) ที่มีก็จะได้ค่าเฉลี่ยของการทำงานในงานแต่ละงาน หรือสามารถเขียนเป็นสมการได้สมการที่ 2.1

$$\text{Average Completion Time} = \frac{\text{Total Flow Time}}{\text{No. of Jobs}} \qquad (2.1)$$

Total Processing Time = เวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมดของแต่ละงานรวมกัน

Total Flow Time = เวลาที่ใช้ในการทำงานบวกกับเวลาที่ต้องสูญเสียไปเนื่องจากการรอคอยของแต่ละงานรวมกัน

Total Late Days = จำนวนวันทั้งหมดในการส่งมอบงานที่ล่าช้ากว่ากำหนดของทุกงานรวมกัน

No. of Jobs = จำนวนงานทั้งหมดที่มีในสถานีการทำงานนั้น

(2) ร้อยละการใช้ประโยชน์ (%Utilization)

เป็นดัชนีชี้วัดความสามารถในการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ในการผลิตโดยจะเน้นหนักในเรื่องของเวลาที่ต้องสูญเสียไปเนื่องจากการรอคอย (Idle Time) เป็นสำคัญซึ่งหากจัดลำดับความสำคัญในการทำงานได้ดีก็จะส่งผลให้เวลาที่ต้องรอคอยการผลิตของแต่ละงานลดน้อยลงและทำให้ประสิทธิภาพในการใช้งานทรัพยากรในการผลิตต่าง ๆ สูงตามไปด้วยในการหาค่าดัชนี Utilization สามารถหาได้จากสมการที่ 2.2

$$\% \text{ Utilization} = \frac{\text{Total Processing Time}}{\text{Total FlowTime}} \qquad (2.2)$$

(3) จำนวนงานเฉลี่ยในระบบ (Average No. of Jobs in System)

คือค่าเฉลี่ยของจำนวนงานที่เข้ามาในระบบต่อหน่วยเวลา เป็นดัชนีที่ชี้วัดปริมาณภาระงานที่มีแก่พนักงานว่ามากน้อยเพียงใด ในบางครั้งการจัดลำดับของการทำงานในแบบต่าง ๆ

อาจจะให้เวลาแล้วเสร็จของงานเท่า ๆ กัน แต่ถ้าหากมาพิจารณาดูที่ค่าดัชนีดังกล่าวนี้อาจพบว่าวิธีการจัดลำดับงานแบบหนึ่งอาจให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนงานที่ทำต่อหน่วยเวลาสูงกว่าอีกแบบหนึ่ง ซึ่งหมายความว่าในการจัดงานแบบที่ให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนงานที่ทำต่อหน่วยเวลาสูงนั้นพนักงานจะมีภาระงานหนัก (งานยุ่ง) มากกว่าแบบที่ให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนงานที่ทำต่อหน่วยเวลาน้อยกว่า ในการหาค่าดัชนีดังกล่าวสามารถหาได้จากสมการดังสมการที่ 2.3

$$\text{Average No. of Jobs in System} = \frac{\text{Total Flow Time}}{\text{Total Processing Time}} \qquad (2.3)$$

(4) ค่าเฉลี่ยการล่าช้าของงาน (Average Job Lateness)

หมายถึงค่าเฉลี่ยของการล่าช้าของงานแต่ละงานเมื่อเทียบกับกำหนดแล้วเสร็จ (Due Date) ค่าดัชนีตัวนี้มักได้รับความสนใจมากเป็นพิเศษ เนื่องจากในทางปฏิบัติแล้วการจัดงานโดยมุ่งเน้นในเรื่องของการลดการส่งมอบงานที่ล่าช้ามักเป็นสิ่งสำคัญเสมอ แต่ถึงกระนั้นก็ตามหากมุ่งความสนใจในดัชนีชี้วัดตัวนี้มากจนเกินไปโดยไม่พิจารณาถึงค่าดัชนีตัวอื่น ๆ ประกอบ แน่นอนว่าประสิทธิภาพโดยรวมของการผลิตย่อมต่ำแน่ถึงแม้ว่าจะไม่มีการส่งมอบงานที่ล่าช้าเลยก็ตามที ในการหาค่าดัชนี Average Job Lateness สามารถหาได้จากสมการที่ 2.4

$$\text{Average Job Lateness} = \frac{\text{Total Late Days}}{\text{No. of Jobs}} \qquad (2.4)$$

เพื่อความเข้าใจในเรื่องของการจัดลำดับความสำคัญในการทำงานจึงขอยกตัวอย่างการทำงานในสถานีการผลิตแห่งหนึ่งซึ่งมีจำนวนงานและรายละเอียดของเวลาในการทำงานรวมถึงกำหนดส่ง ดังตาราง 2.1

ในขั้นแรกทดลองจัดลำดับของงานที่เข้ามาในสถานีการผลิตดังกล่าวตามลักษณะทั้ง 4 แบบ และหาค่าดัชนีชี้วัดทั้ง 4 ตัวในแต่ละแบบด้วยซึ่งสามารถกระทำได้ดังแสดงในตารางที่ 2.2 สำหรับการจัดงานในแบบ FCFS ตารางที่ 2.3 สำหรับการจัดงานแบบ SPT ตารางที่ 2.4 สำหรับการจัดงานแบบ EDD และ ตารางที่ 2.5 สำหรับการจัดงานแบบ LPT

ตาราง 2.1 รายละเอียดของงานในสถานีการผลิต

JOB	PROCESSING TIME (DAYS)	JOB DUEDATE (DAYS)
A	6	8
B	2	6
C	8	18
D	3	15
E	9	23

ตาราง 2.2 การจัดงานแบบ FCFS

JOB	PROCESSING TIME (DAYS)	FLOW TIME	JOB DUE DATE (DAYS)	JOB LATENESS
A	6	6	8	0
B	2	8	6	2
C	8	16	18	0
D	3	19	25	4
E	9	28	23	5
TOTAL	28	77		11
FCFS				
Average Completion Time (คำนวณตามสมการที่ 2.1)		$= \frac{77}{5}$		= 15.4 Days
%Utilization (คำนวณตามสมการที่ 2.2)		$= \frac{28}{77}$		= 36.4%
Average No. of Jobs in System (คำนวณตามสมการที่ 2.3)		$= \frac{77}{28}$		= 2.75 Jobs
Average Jobs Lateness (คำนวณตามสมการที่ 2.4)		$= \frac{11}{35}$		= 2.2 Days

ตาราง 2.3 การจัดงานแบบ SPT

JOB	PROCESSING TIME (DAYS)	FLOW TIME	JOB DUE DATE (DAYS)	JOB LATENESS
B	2	2	6	0
D	3	5	15	0
A	6	11	8	3
C	8	19	18	1
E	9	28	23	5
TOTAL	**28**	**65**		**9**
SPT				
Average Completion Time (คำนวณตามสมการที่ 2.1)		= $\frac{65}{5}$	= 13 Days	
%Utilization (คำนวณตามสมการที่ 2.2)		= $\frac{28}{65}$	= 43.1%	
Average No. of Jobs in System (คำนวณตามสมการที่ 2.3)		= $\frac{65}{28}$	= 2.32 Jobs	
Average Jobs Lateness (คำนวณตามสมการที่ 2.4)		= $\frac{9}{5}$	= 1.8 Days	

ตาราง 2.4 การจัดงานแบบ EDD

JOB	PROCESSING TIME (DAYS)	FLOW TIME	JOB DUE DATE (DAYS)	JOB LATENESS
B	2	2	6	0
A	6	8	8	0
D	3	11	15	0
C	8	19	18	1
E	9	28	23	5
TOTAL	**28**	**68**		**6**
EDD				
Average Completion Time (คำนวณตามสมการที่ 2.1)		= $\frac{68}{5}$	= 13.6 Days	
%Utilization (คำนวณตามสมการที่ 2.2)		= $\frac{28}{68}$	= 41.2%	
Average No. of Jobs in System (คำนวณตามสมการที่ 2.3)		= $\frac{68}{28}$	= 2.43 Jobs	

Average Jobs Lateness (คำนวณตามสมการที่ 2.4) = $\frac{\quad}{5}$ = 1.2 Days

ตาราง 2.5 การจัดงานแบบ LPT

JOB	PROCESSING TIME (DAYS)	FLOW TIME	JOB DUE DATE (DAYS)	JOB LATENESS
E	9	9	23	0
C	8	17	18	0
A	6	23	8	15
D	3	26	15	11
B	2	28	6	22
TOTAL	**28**	**103**		**48**
LPT				
Average Completion Time (คำนวณตามสมการที่ 2.1) = $\frac{103}{5}$ = 20.6 Days				
%Utilization (คำนวณตามสมการที่ 2.2) = $\frac{28}{103}$ = 27.2%				
Average No. of Job in System (คำนวณตามสมการที่ 2.3) = $\frac{108}{23}$ = 3.68 Jobs				
Average Jobs Lateness (คำนวณตามสมการที่ 2.4) = $\frac{48}{5}$ = 9.6 Days				

การจัดลำดับงานโดยใช้กฎความสำคัญอาจไม่เหมาะสมเมื่อปัญหามีความซับซ้อนและมีขนาดใหญ่ขึ้น การนำวิธีฮิวริสติกอื่น ๆ มาใช้ในการจัดลำดับงานสำหรับ n ชนิด บนเครื่องจักร m เครื่อง อาจมีความจำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการค้นหาคำตอบ ซึ่งปัจจุบันนี้มีวิธีการฮิวริสติกต่าง ๆ ที่มีประสิทธิภาพสามารถค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาที่มีตัวแปรเป็นจำนวนมากเกี่ยวข้อง เช่น วิธีการเจเนติกอัลกอริทึม เป็นต้น

2.5 เจเนติกอัลกอริทึม

ปัจจุบันปัญญาประดิษฐ์ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในการแก้ปัญหาในโรงงานอุตสาหกรรมหลาย ๆ อย่าง เนื่องจากสามารถใช้จัดการกับปัญหาที่มีความยุ่งยากซับซ้อนได้ดี สำหรับปัญหาการจัดลำดับการผลิตนั้น ถือเป็นปัญหาที่มีขนาดใหญ่และมีตัวแปรเข้ามาเกี่ยวข้องจำนวนมาก ดังนั้นการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดจึงเป็นเรื่องที่ทำได้ยากและเสียเวลามาก วิธีการที่ใช้หา

คำตอบที่ดีที่สุดมีอยู่หลายวิธี เช่น วิธีโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) วิธีโปรแกรมแบบจำนวนเต็ม (Integer Programming) วิธีการแตกกิ่งและขอบเขต (Branch and Bound) และวิธีโปรแกรมแบบไดนามิค (Dynamic Programming) เป็นต้น วิธีการเหล่านี้เหมาะที่จะใช้หาคำตอบสำหรับปัญหาที่มีขนาดเล็ก หรือปัญหาที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรและเงื่อนไขไม่มาก ในทางตรงกันข้ามหากเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อน วิธีการที่จะใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดจากกลุ่มคำตอบที่สุ่มมาได้ (Search Space) แต่อาจจะใช่หรือไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดของปัญหานั้น ๆ [30] ได้แก่ วิธีฮิวริสติกวิธีต่าง ๆ ซึ่งวิธีการหาคำตอบแบบวิธีการฮิวริสติก (Heuristic Method) มีอยู่หลายวิธี เช่น วิธีการค้นหาแบบตาบู (Tabu Search) วิธีการหาคำตอบที่เลียนแบบการตกผลึกทางเคมี (Simulated Annealing) และวิธีการหาคำตอบเชิงพันธุกรรมหรือเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm) เป็นต้น วิธีการดังกล่าวเป็นวิธีที่ใช้หาคำตอบที่ดีที่สุดจากกลุ่มคำตอบที่สุ่มมาได้หรือหามาได้บางส่วน

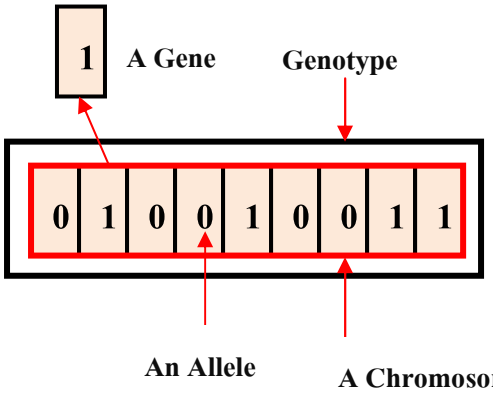
ฮิวริสติก เป็นวิธีในการแก้ปัญหาขนาดใหญ่ โดยจะพยายามหาหลักเกณฑ์เพื่อที่จะนำมาใช้ในกระบวนการค้นหาและลดปริมาณการคำนวณให้น้อยลงเป็นกฎเกณฑ์ในการตัดสินใจที่จะพิจารณาปัญหาการจัดสายการผลิตหนึ่ง ๆ ว่าควรจะถูกแก้ไขอย่างไร โดยการวิเคราะห์ปัญหาอย่างมีระเบียบและขั้นตอน ซึ่งในทางปฏิบัติการค้นหาแบบนี้จะรวดเร็วและเป็นวิธีการที่ง่ายกว่าการใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์ ทั้งในแง่ของกระบวนการทางความคิดและเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบ โดยที่คำตอบนั้นไม่สามารถทราบได้ว่าเป็นคำตอบที่ดีที่สุดหรือไม่ แต่กล่าวได้ว่าเป็นคำตอบที่ดี วิธีฮิวริสติกที่ได้รับความนิยม และถูกใช้กันมากในปัจจุบัน ได้แก่ วิธีเจเนติกอัลกอริทึม ซึ่งเป็นวิธีฮิวริสติกที่มีความยืดหยุ่นและสามารถถูกดัดแปลงเพื่อใช้ในการหาคำตอบของปัญหาการตัดสินใจใด ๆ ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ โดยวิธีเจเนติกอัลกอริทึมถูกพัฒนาขึ้นหลังจากสองวิธีแรก ซึ่งเป็นที่คุ้นเคยและแพร่หลายมากกว่าเพราะวิธีเจเนติกอัลกอริทึมได้ถูกนำมาใช้ในการหาคำตอบสำหรับปัญหาการตัดสินใจในหลายๆ แขนงสาขาวิชา จุดเด่นของวิธีเจเนติกอัลกอริทึมคือการเลียนแบบลักษณะการวิวัฒนาการของพันธุกรรมทางธรรมชาติ นั่นคือ การผสมพันธุ์ใหม่เพื่อให้ได้พันธุ์ที่ดีกว่า หรือคำตอบที่ดีกว่า นั่นเอง

เจเนติกอัลกอริทึม เป็นวิธีการแก้ปัญหาแบบหนึ่งที่ใช้ในการค้นหาเพื่อให้ได้จุดที่เหมาะสมที่สุด ที่เรียกว่า Optimum Points โดยได้พัฒนาและจำลองวิธีการมาจากกระบวนการทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตจาก ทฤษฎีวิวัฒนาการ หรือ ทฤษฎีการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิต โดยทฤษฎีนี้เป็นของ Charles Darwin ซึ่งจากทฤษฎีนี้ John Holland นักวิทยาศาสตร์สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ได้ทำการคิดค้นการลอกเลียนแบบขั้นตอนทางธรรมชาติของการพัฒนาสิ่งมีชีวิตขึ้นในปีคริสต์ศักราช 1970 โดยพัฒนาขึ้นร่วมกับ เพื่อนร่วมงานและนักศึกษาของมหาวิทยาลัย Michigan ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทาง

ธรรมชาติของพันธุกรรม และเพื่อนำกลไกการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้มาประยุกต์ใช้กับการเขียนโปรแกรม ซึ่งมีความหวังว่าจะเป็นการค้นพบที่มีความสำคัญทั้งกับกลไกทางธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต และการคิดค้นประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์

จากการคิดค้นของ John Holland ทำให้สามารถค้นหาและแก้ปัญหาเพื่อให้ได้จุดที่เหมาะสมที่สุด ทั้งนี้อาจจะเป็นจุดต่ำสุด (Minimum Point) หรือจุดสูงสุด (Maximum Point) สำหรับหลักการของวิธีการค้นหาแบบเจเนติกอัลกอริทึม คือ สิ่งมีชีวิตทั้งหมดจะมีทั้งลักษณะที่ดีและไม่ดี ในการกำหนดว่าสิ่งมีชีวิตไหนมีลักษณะที่ดีหรือไม่ดีนั้นจะถูกกำหนดจาก Optimization Theory ซึ่งสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะที่ดีนั้นจะได้รับการสนับสนุนให้มีการถ่ายทอดลักษะทางพันธุกรรม เพื่อให้ได้สิ่งมีชีวิตใหม่ที่ดีขึ้น ในส่วนที่มีลักษณะที่ไม่ดีจะไม่ถูกสนับสนุนหรือไม่นำส่วนนี้มาพิจารณา ดังนั้นหลักการทำงานของเจเนติกอัลกอริทึม จึงถูกนำเสนอข้อมูลในรูปแบบโครโมโซม (Chromosome) นั่นหมายความว่า คำตอบที่สามารถเป็นไปได้ทั้งหมดของปัญหาจะถูกนำมาแปลงเป็นโครโมโซม เพื่อนำโครโมโซมไปใช้ในกระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โดยจะใช้ฟังก์ชั่นความเหมาะสม (Fitness Function) ที่มีความสอดคล้องกับฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ (Objective Function) กำหนดให้แต่ละโครโมโซม และโครโมโซมเหล่านั้นจะถูกนำมาพิจารณาว่าโครโมโซมใดควรนำมาสืบสายพันธุ์ต่อไปหรือโครโมโซมใดไม่ควรนำมาสืบสายพันธุ์ และจากการหาคำตอบโดยใช้โครโมโซม ในแต่ละรุ่นจะมีการสุ่ม (Generations) คำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดของปัญหา จึงทำให้เจเนติกอัลกอริทึมสามารถหาคำตอบที่มีค่าสูงสุดหรือต่ำสุดได้สมบูรณ์ และเหมาะสมที่สุด

Mendel [31] นักวิทยาศาสตร์ด้านพันธุศาสตร์ค้นพบว่าลักษณะต่างๆของสิ่งมีชีวิต เช่น ลักษณะผิวของเมล็ดพืช สีของเมล็ดพืช ฯลฯ ที่ถูกถ่ายทอดไปยังลูกหลานนั้น ถูกควบคุมโดยหน่วยควบคุมลักษณะที่เรียกว่า ยีน และลักษณะย่อยของยีนเรียกว่าอัลลีล เช่น ยีนควบคุมลักษณะผิวของเมล็ดจะมีอัลลีลเป็นผิวเรียบและผิวขรุขระ เป็นต้น ซึ่งแต่ละยีนจะเรียงตัวอยู่บนโครโมโซมภายในเซลล์ตำแหน่งของยีนแต่ละยีนบนโครโมโซม เรียกว่าโลกัส แต่ละแบบของชุดยีนเรียกว่าจีโนไทป์ ซึ่งแสดงลักษณะภายนอกที่ปรากฏหรือที่เรียกว่าฟีโนไทป์ โดยรายละเอียดต่าง ๆ ของโครโมโซมแสดงได้ดังภาพประกอบ 2.14 และเมื่อเปรียบเทียบเจเนติกอัลกอริทึมกับพันธุศาสตร์แล้ว สายอักขระแบบทวิภาคเทียบได้กับ โครโมโซม จีโนไทป์ และออแกนิซึม หรือรวมทั้งฟีโนไทป์ที่เกิดจากการขยายนิพจน์ของจีโนไทป์ภายใต้สภาวะแวดล้อมดังแสดงในตารางที่ 2.6



ภาพประกอบ 2.14 รายละเอียดต่าง ๆ ของโครโมโซม

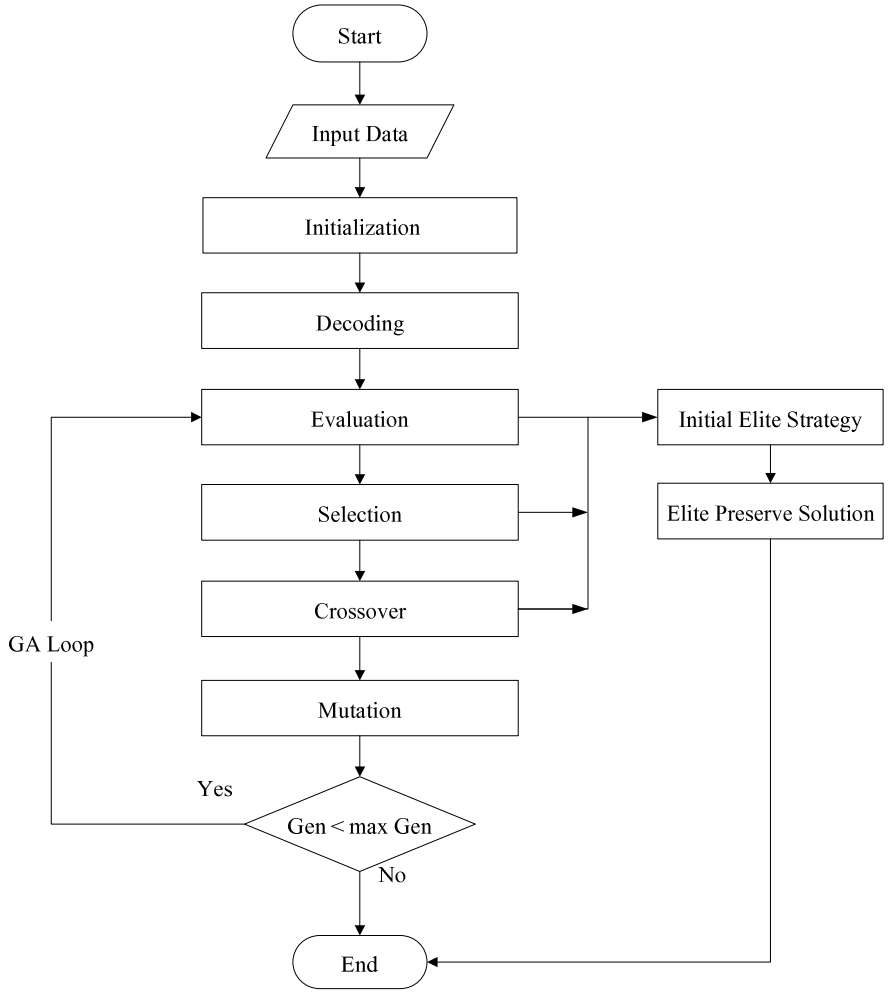
ตารางที่ 2.6 เปรียบเทียบคำศัพท์ระหว่างพันธุศาสตร์และเจเนติกอัลกอริทึม [32]

พันธุศาสตร์	**เจเนติกอัลกอริทึม**
โครโมโซม	สายอักขระ
ยีน	ลักษณะ บิต
อัลลีล	ค่าของลักษณะ ค่าของบิต
โลกัส	ตำแหน่ง
จีโนไทป์	โครงสร้าง
ฟีโนไทป์	โครงสร้างคำตอบ

เจเนติกอัลกอริทึม เป็นวิธีการหาคำตอบที่ช่วยในการหาคำตอบของปัญหาที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อน มีตัวแปรและเงื่อนไขของปัญหาเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะทำให้ได้คำตอบของปัญหาที่ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุดเท่านั้น แต่ไม่สามารถประกันได้ว่าคำตอบที่ได้นั้นเป็นคำตอบที่ดีที่สุดหรือไม่ เนื่องจากคุณสมบัติการเลียนแบบการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมตามธรรมชาติ ซึ่งจะนำค่าที่ดีที่สุดจากประชากรรุ่นก่อนมาใช้พิจารณาในการหาคำตอบของประชากรรุ่นถัดมา โดยใช้ตัวดำเนินการ (Operator) คือ การคัดเลือก (Selection) การครอสโอเวอร์ (Crossover) และการมิวเตชั่น (Mutation) เป็นตัวสุ่มในการหาคำตอบในบริเวณของปัญหาซึ่งจะช่วยให้มีความหลากหลาย (Diversity) ในการหาคำตอบทุกบริเวณของปัญหา

2.5.1 วิธีการของเจเนติกอัลกอริทึม [5]

เจเนติกอัลกอริทึมเป็นวิธีการค้นหาคำตอบโดยมีพื้นฐานมาจากกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติและกระบวนการคัดเลือกโครโมโซมที่มีความเหมาะสมจากกลุ่มโครโมโซมทั้งหมดด้วยวิธีการสุ่มจากการนำสตริงเหล่านี้ไปผ่านกระบวนการคัดเลือกโครโมโซมที่มีความเหมาะสม ซึ่งโครโมโซมที่มีความเหมาะสมนี้ คือคำตอบที่ดีที่สุดหรือใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด เจเนติกอัลกอริทึมไม่ใช่การสุ่มแบบง่ายๆ แต่เป็นการใช้ข้อมูลในอดีตอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อพิจารณาจุดที่จะต้องค้นหาใหม่โดยคาดหวังว่าสมรรถนะของการค้นหาจะดีขึ้น แผนผังแสดงโครงสร้างและวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมแสดงได้ดังภาพประกอบ 2.15 [12] ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนการทำงานของเจเนติกอัลกอริทึม ดังนี้



ภาพประกอบ 2.15 แผนผังแสดงโครงสร้างและวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึม
ที่มา ปารเมศ ชุติมา และจงกล เอี่ยมมิ. 2546

2.5.1.1 การสร้างคำตอบเบื้องต้น (Representation and Initialization)

ในการแก้ปัญหาโดยใช้เจเนติกอัลกอริทึมนั้นได้กำหนดปัญหาเท่ากับโครโมโซมหนึ่งซึ่งประกอบไปด้วยยีนลักษณะต่าง ๆ เปรียบเหมือนกับตัวแสดงค่าคำตอบของปัญหาที่แปรผันไปตามการประยุกต์ใช้งานซึ่งได้แก่ ตัวแปรพารามิเตอร์ เงื่อนไขหรือข้อกำหนดต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของปัญหา ดังนั้นการกำหนดรูปแบบโครโมโซมของแต่ละปัญหาโดยการแปลงตัวแปรพารามิเตอร์ เงื่อนไขหรือข้อกำหนดต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปแบบของยีนบนโครโมโซม ซึ่งลักษณะต่าง ๆ ของแต่ละยีนคือค่าตัวแปรพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เป็นไปได้

การได้มาซึ่งโครโมโซมหรือการจำลองโครโมโซม คือปัญหาแรกที่จะเริ่มแก้โดยใช้เจเนติกอัลกอริทึมซึ่งจะแทนตัวแปรหรือตัวแปรตัดสินใจของปัญหาในรูปแบบของโครโมโซมเพื่อใช้ในการนำเสนอทางเลือกที่สามารถเป็นไปได้ในแต่ละปัญหา ขั้นตอนการจำลองโครโมโซมจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดของเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมเพราะโครโมโซมเป็นกลไกที่ทำให้เทคนิคดำเนินการต่อไปจนสามารถค้นหาคำตอบที่เหมาะสมได้ ในปัจจุบันปัญหามีมากมายทำให้รูปแบบของโครโมโซมมีความแตกต่างกันออกไปตามปัญหานั้น ๆ เช่น

(1) Binary Encoding เป็นรูปแบบโครโมโซมเริ่มแรกที่นำมาใช้แก้ปัญหาของเจเนติกอัลกอริทึม ทำให้รูปแบบโครโมโซมแบบนี้เป็นเรื่องธรรมดาที่สุด ลักษณะของ Binary Encoding คือ ทุกตำแหน่งของยีนของโครโมโซมจะมีค่าเป็น 0 หรือ 1 ตัวอย่างเช่น

โครโมโซม A: 1 0 0 0 1 1 1 0 0

โครโมโซม B: 1 1 0 0 0 1 0 0 1

ปัญหาที่ใช้รูปแบบโครโมโซมแบบนี้ในการแก้ไขปัญหา เช่น ปัญหาการเลือกของ Knapsack โดยการแบ่งส่วน โดยกำหนดให้มีของอยู่ n ประเภทและถุงอยู่หนึ่งถุง ของประเภทที่ i มีน้ำหนักทั้งหมด w_i อยู่ พร้อมค่า v_i ซึ่งไม่สามารถบรรทุกของเกิน W หน่วย ต้องการเติมถุงนี้ให้เต็มโดยที่มีค่าผลรวมของ v_i สูงที่สุดและน้ำหนักไม่เกินค่า W ที่กำหนดซึ่งจะให้คำตอบที่เหมาะที่สุด

(2) Value Encoding หรือเรียกว่า Direct Encoding ทุกตำแหน่งของยีนของโครโมโซมจะมีค่าบางค่าซึ่งสามารถเชื่อมโยงไปยังปัญหาได้ เช่น ตัวอักษร จำนวนจริง คำสั่ง หรืออื่น ๆ รูปแบบโครโมโซมแบบนี้สามารถใช้ได้กับปัญหาที่ค่อนข้างซับซ้อนของค่า ตัวอย่างเช่น

โครโมโซม A: 1.23 2.51 6.21 0.34 1.88 4.33 0.19

โครโมโซม B: a e i y k

สำหรับ Value Encoding เป็นตัวเลือกที่ดีสำหรับปัญหาพิเศษบางอย่าง รูปแบบโครโมโซมแบบนี้ยังทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาการครอสโอเวอร์ และมิวเตชั่น อีกด้วย

(3) Permutation Encoding รูปแบบโครโมโซมแบบนี้ใช้ในการจัดลำดับของปัญหาทุกตำแหน่งของยีนของโครโมโซมจะเป็นค่าของจำนวนนับที่แทนตำแหน่งในลำดับ ตัวอย่างเช่น

โครโมโซม A: 1 2 3 4 5 6 7 8 9

โครโมโซม B: 9 7 5 1 4 8 2 6 3

ปัญหาแต่ละรูปแบบของโครโมโซมจะแตกต่างกันไปแต่วิธีดำเนินการค้นหาคำตอบที่เหลือจะเหมือนกัน ดังนั้นหากสามารถแปลงตัวแปรตัดสินใจของปัญหาให้เป็นแบบจำลองโครโมโซมได้ ปัญหานั้นก็สามารถหาคำตอบที่เหมาะสมได้ด้วยเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม ขั้นตอนการจำลองโครโมโซมมีดังนี้ [33]

(1) กำหนดความยาวของโครโมโซมตามตัวแปรตัด หรือตัวแปรที่ต้องการจะรู้คำตอบ เช่น จำนวนสินค้าที่ต้องการผลิตให้ได้กำไรเกิดขึ้นสูงสุดภายในโรงงานแห่งหนึ่งซึ่งมีสินค้าที่ผลิตภายในโรงงาน 20 ชนิด แสดงว่าคำตอบของตัวแปรตัดสินใจมี 20 ตัวในปัญหานี้ ดังนั้นความยาวของโครโมโซมที่เกิดขึ้น คือ 20 ตำแหน่ง เป็นต้น

(2) กำหนดค่ารหัสแต่ละตำแหน่ง หรือกำหนดยีนว่าในแต่ละตำแหน่งให้มีค่าเป็นอะไรบ้าง เช่นจากปัญหาในขั้นที่ 1 แสดงว่าแต่ละตำแหน่งทั้ง 20 ตำแหน่ง สามารถกำหนดค่าให้เป็นค่า 0-9 เนื่องจากคำตอบที่ต้องการ คือจำนวนสินค้าที่ต้องการผลิต เป็นต้น

(3) กำหนดตำแหน่งแต่ละยีน เป็นการกำหนดว่าแต่ละตำแหน่งของยีนเป็นค่าของตัวแปรใด เช่น ตำแหน่งที่ 1 แทนจำนวนสินค้าประเภทเสื้อ ตำแหน่งที่ 2 แทนจำนวนสินค้าประเภทกางเกง เป็นต้น

(4) กำหนดค่าของตัวแปรในยีน เป็นการบอกว่าค่าตัวแปรหรือคำตอบของตัวแปรตัดสินใจซึ่งมีรหัสเป็นค่าที่ได้ในข้อ 2 ว่าเป็นค่าใด เช่น หากว่าค่ารหัสที่ได้ในขั้นที่ 2 ณ ตำแหน่งโครโมโซมที่ 1 เป็นเลข 3 แสดงว่าค่าของตัวแปรที่ตำแหน่งที่ 1 หรือ จำนวนเสื้อที่ต้องการผลิตเป็น 30,000 ตัว เป็นต้น แต่ละตำแหน่งบนโครโมโซมค่ารหัสที่นำมาแปลงไม่จำเป็นต้องคูณหรือปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการที่เหมือนกันก็ได้

(5) การกำหนดชุดของตัวแปรตัดสินใจในบางปัญหา คำตอบที่ต้องการอาจจะเป็นไปได้หลายลักษณะ เช่นเป็นค่าตัวเลขของแต่ละตัวแปรดังตัวอย่างที่กำหนดในขั้นที่ 1 หรืออาจจะเป็นตำแหน่งของแผนกต่าง ๆ ซึ่งการกำหนดรหัสตัวแปรอาจจะแตกต่างจากตัวแปรชุดที่ 1 เช่นหากสถานที่ที่จะกำหนดเป็นแผนกมีอยู่ 5 แห่ง แสดงว่ารหัสที่กำหนดสำหรับตัวแปรชุดที่ 2 มี

ค่าเป็น 1-5 เป็นต้น ในการกำหนดชุดของตัวแปรตัดสินใจจะขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหาที่สนใจว่าต้องการหาคำตอบของอะไรบ้าง

(6) ค่าที่ได้จากรหัสตัวแปรทั้งหมด เป็นการหาคำตอบของตัวแปรทั้งหมดว่ามีคำตอบเป็นอะไรบ้าง เช่นตัวแปรทั้ง 20 ตัว มีค่าทั้งหมดเป็นค่าใดบ้าง หรือตำแหน่งของแต่ละแผนกอยู่ที่ใดบ้าง เป็นต้น

เมื่อมีการกำหนดโครโมโซมเข้ากับปัญหาที่กำลังสนใจ ซึ่งถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดของเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมได้เรียบร้อยแล้ว ก็จะต้องมีการสร้างประชากรเบื้องต้นตามจำนวนที่กำหนด โดยในแต่ละโครโมโซมในประชากรเบื้องต้น (หรือประชากรรุ่นแรก) เป็นการสร้างทางเลือกที่สามารถเป็นไปได้ ซึ่งจะเป็นการสร้างโครโมโซมให้เป็นไปตามรูปแบบของโครโมโซมที่กำหนดไว้

2.5.1.2 การรีโปรดักชั่น (Reproduction)

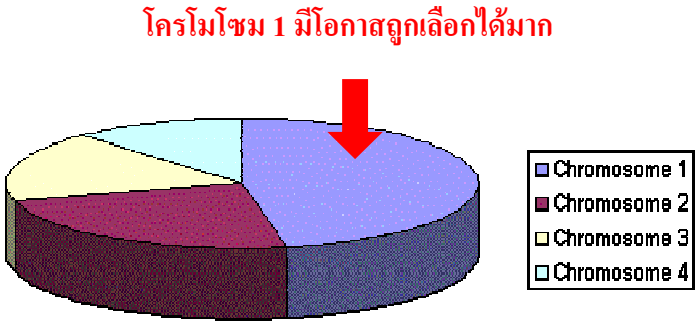
คือกระบวนการคัดเลือกโครโมโซมที่มีความเหมาะสมสูงเพื่อเป็นคำตอบเริ่มต้นให้กับประชากรรุ่นต่อไปโดยอาศัยทฤษฎีการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิต ในส่วนของรีโปรดักชั่นจะแบ่งเป็นสามส่วนย่อย คือ

(1) การถอดรหัสคำตอบ (Decoding) เป็นการถอดรหัสค่าตัวแปรหรือพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของแต่ละยีนในโครโมโซม เช่น หลังจากการสร้างประชากรเบื้องต้นขึ้นมาจะทราบเพียงรหัสของแต่ละโครโมโซม ดังนั้นจึงต้องทำการถอดรหัสในแต่ละโครโมโซมให้ได้ค่าออกมาซึ่งจะนำค่าที่ได้นี้ไปใช้งานต่อไป

(2) การประเมินค่า (Evaluation) เป็นการคำนวณค่าความเหมาะสมจากฟังก์ชั่นความเหมาะสมที่กำหนดไว้ให้กับโครโมโซมคำตอบแต่ละตัว โดยฟังก์ชั่นความเหมาะสมเป็นฟังก์ชั่นที่กำหนดค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซมเปรียบเหมือนกับค่าความสามารถในการอยู่รอดของแต่ละโครโมโซมและยังเป็นฟังก์ชั่นที่กำหนดโอกาสหรือสัดส่วนที่แต่ละโครโมโซมจะถูกคัดเลือกด้วยสรุปได้ว่า ค่าความเหมาะสม คือตัวที่ใช้ประเมินว่าแต่ละเส้นทางเลือก (Solution) นั้น มีความเหมาะสมหรือสามารถใช้แก้ปัญหาได้ดีเพียงใด

(3) การคัดเลือก เป็นการคัดเลือกโครโมโซมต้นแบบโดยลอกเลียนแบบวิธีการคัดเลือกทางธรรมชาติที่พิจารณาจากค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม ถ้าโครโมโซมใดมีค่าความเหมาะสมมากก็จะมีโอกาสถูกคัดเลือกเป็นต้นแบบมาก ตัวอย่างรูปแบบในการคัดเลือกโครโมโซมที่น่าพอใจที่สุดเพื่อนำไปสืบสายพันธุ์ คือการคัดเลือกแบบวงล้อรูเล็ท

การคัดเลือกแบบวงล้อรูเล็ท (Roulette Wheel) คือการคัดเลือกโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมที่ดี โดยโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมมากจะมีโอกาสถูกเลือกมากกว่าโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมน้อย โครโมโซมทั้งหมดที่อาศัยอยู่ในขนาดพื้นที่ของวงล้อ คือสัดส่วนของค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม ค่าที่ดีที่สุดคือพื้นที่ส่วนที่ใหญ่ที่สุดดังภาพประกอบ 2.16 [34] เมื่อมีการหมุนวงล้อโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมมากจะมีโอกาสถูกเลือกได้มาก



ภาพประกอบ 2.16 สัดส่วนของค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม
ที่มา http://www.obitko.com/tutorials/genetic-algorithms/selection.php

2.5.1.3 การครอสโอเวอร์

การครอสโอเวอร์หรือการไขว้เปลี่ยน เป็นขั้นตอนที่ทำภายหลังการรีโปรดักชั่นโดยการแลกเปลี่ยนส่วนของโครโมโซมพ่อแม่ (Parent) ตามอัตราความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (Probability Of Crossover: P_c) เพื่อสร้างชุดโครโมโซมรุ่นใหม่หรือโครโมโซมรุ่นลูก (Offspring) อัตราการครอสโอเวอร์ (P_c) นั้นเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับการหาคำตอบของเจเนติกอัลกอริทึมซึ่งก็คืออัตราส่วนของจำนวนโครโมโซมลูกที่ถูกสร้างขึ้นในแต่ละรุ่นต่อขนาดของประชากร

ขั้นตอนในการครอสโอเวอร์ คือ การนำโครโมโซมพ่อแม่มาแลกเปลี่ยนเพื่อให้ได้โครโมโซมใหม่ขึ้นมา ผลลัพธ์ทั้งสองที่ได้จึงมีลักษณะของคำตอบเดิมทั้งสองเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย วิธีการครอสโอเวอร์สามารถแบ่งได้หลายวิธี [12] เช่น

MOX (Modified One-Point Crossover) : เป็นวิธีที่ดัดแปลงมาจากการครอสโอเวอร์แบบจุดเดียวแบบธรรมดา โดยเริ่มจากการสุ่มตำแหน่งที่จะครอสโอเวอร์ (X_p) ขึ้นมา 1 ตำแหน่ง ส่วนหัวหรือค่าในตำแหน่งแรกจนถึง X_p-1 ของโครโมโซมลูกแต่ละตัวจะได้มาจากค่าในตำแหน่งเดียวกันของโครโมโซมพ่อแม่ตัวหนึ่ง ส่วนหางของโครโมโซมลูก (ตำแหน่งที่ X_p+1) ขึ้น

ไปจะได้มาจากโครโมโซมพ่อแม่อีกตัวที่ถูกตัดงานที่ซ้ำกับงานที่อยู่ในส่วนหัวของโครโมโซมลูกตัวนั้นออกแล้ว

PMX (Partial-Mapped Crossover) : วิธีนี้จะเริ่มจากการสุ่มตำแหน่งที่จะครอสโอเวอร์ขึ้นมาสองตำแหน่ง ยีนที่อยู่ในช่วงของตำแหน่งทั้งสองจะเรียกว่าเป็นยีนย่อย โครโมโซมลูกจะได้จากโครโมโซมพ่อและแม่ที่ถูกแลกเปลี่ยนยีนย่อยกัน หลังการแลกเปลี่ยนถ้างานในโครโมโซมย่อยซ้ำกับงานตัวอื่น ให้แทนงานตัวอื่นที่ซ้ำด้วยงานที่อยู่ในตำแหน่งตรงกันของโครโมโซมอีกตัว

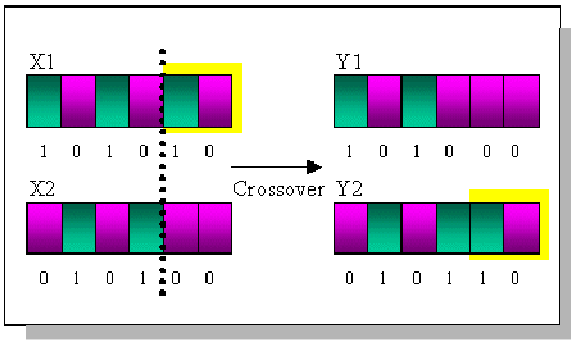
OX (Order Crossover) : หรือวิธีการครอสโอเวอร์แบบลำดับนี้จะคล้ายกับวิธี PMX ตรงที่ต้องเลือกโครโมโซมย่อยอย่างสุ่มมาจากโครโมโซมพ่อแล้วคัดลอกลงไปยังโครโมโซมลูกเบื้องต้นในตำแหน่งเดียวกัน จากนั้นลบงานที่ปรากฏอยู่ในโครโมโซมลูกเบื้องต้นแล้วออกจากโครโมโซมแม่ จากนั้นนำงานที่เหลือในโครโมโซมแม่มาใส่ในตำแหน่งที่ยังว่างของโครโมโซมลูกเบื้องต้นตัวนั้นตามลำดับจากซ้ายไปขวา

CX (Cycle Crossover) : วิธีนี้เริ่มต้นโดยพิจารณาว่าตำแหน่งเริ่มต้นของโครโมโซมพ่อมีค่าเท่าไร หากในตำแหน่งเดียวกันนี้ของโครโมโซมแม่มีค่าไม่เท่ากัน ให้คงค่าในตำแหน่งนี้ของโครโมโซมพ่อแม่ไว้ จากนั้นหาว่าตำแหน่งใดของโครโมโซมพ่อมีค่าเท่ากับค่าในโครโซมแม่ในตำแหน่งที่ผ่านมา แล้วพิจารณาว่าในตำแหน่งดังกล่าวของโครโมโซมแม่มีค่าเท่ากับค่าในตำแหน่งเริ่มต้นของโครโมโซมพ่อหรือไม่ หากมีค่าไม่เท่ากันให้คงค่าของโครโมโซมพ่อแม่ในตำแหน่งดังกล่าวไว้ และทำซ้ำขั้นตอนดังกล่าวจนพบตำแหน่งในโครโมโซมแม่ที่มีค่าเท่ากับค่าในตำแหน่งเริ่มต้นของโครโมโซมพ่อ จากนั้นให้ทำการสลับที่ระหว่างค่าในตำแหน่งที่ไม่ผ่านขั้นตอนขั้นต้นของโครโมโซมพ่อแม่

PBX (Position-Base Crossover) : เลือกตำแหน่งครอสโอเวอร์จากโครโมโซมพ่ออย่างสุ่มแล้วนำค่าในตำแหน่งที่เลือกของโครโมโซมพ่อไปใส่ในตำแหน่งเดียวกันในโครโมโซมลูก ตัดค่าที่อยู่ตรงตำแหน่งครอสโอเวอร์ที่เลือกของโครโมโซมพ่อออกจากโครโมโซมแม่ นำค่าที่เหลืออยู่ในโครโมโซมแม่มาใส่ในโครโมโซมลูก

เทคนิคของการครอสโอเวอร์ส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับการใช้รูปแบบโครโมโซมแบบต่าง ๆ เช่น การครอสโอเวอร์กับ Binary Encoding จะใช้วิธีการครอสโอเวอร์ที่มีลักษณะการสุ่มตำแหน่งการครอสโอเวอร์เพียงหนึ่งตำแหน่ง (Single Point) หรือสองตำแหน่ง (Two Point) การครอสโอเวอร์กับ Permutation Encoding จะใช้วิธีการคัดลอกข้อมูลจากตำแหน่งแรกถึงตำแหน่งครอสโอเวอร์ของพ่อแม่ตัวแรก และอ่านข้อมูลจากพ่อแม่ตัวที่สองถ้าข้อมูลบางตัวที่ไม่เหมือนกับพ่อแม่ตัวแรกก็จะเพิ่มเข้าไปโดยมีรายละเอียดของวิธีการครอสโอเวอร์เป็นดังที่ได้กล่าว

ไปแล้ว ซึ่งการเลือกใช้วิธีการครอสโอเวอร์แบบต่าง ๆ นั้นขึ้นอยู่กับการนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับปัญหา ตัวอย่างการครอสโอเวอร์แบบ Single Point เป็นดังภาพประกอบ 2.17 [35]



ภาพประกอบ 2.17 ตัวอย่างการครอสโอเวอร์แบบ Single Point

ที่มา http://www.ewh.ieee.org/soc/es/May2001/14/Begin.htm#REF23

จากภาพประกอบ 2.17 แสดงตัวอย่างการครอสโอเวอร์แบบ Single Point ของโครโมโซม X1 และโครโมโซม X2 โดยเลือกตำแหน่งสำหรับทำการครอสโอเวอร์เพียงตำแหน่งเดียวคือตำแหน่งที่ 4 ผลที่ได้จากการครอสโอเวอร์ด้วยวิธีนี้ คือจะได้โครโมโซม Y1 และโครโมโซม Y2 โดยโครโมโซม Y1 จะเกิดจากยีนในตำแหน่งก่อนหน้าของตำแหน่งที่ถูกเลือกใน X1 กับยีนในหลังตำแหน่งของตำแหน่งที่ถูกเลือกในโครโมโซม X2 และโครโมโซม Y2 จะเกิดจากยีนในตำแหน่งก่อนหน้าของตำแหน่งที่ถูกเลือกใน X2 กับยีนในหลังตำแหน่งของตำแหน่งที่ถูกเลือกในโครโมโซม X1

2.5.1.4 การมิวเตชั่น

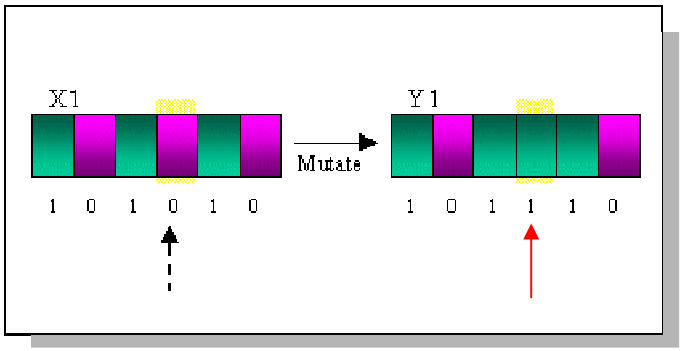
การมิวเตชั่นหรือการกลายพันธุ์ เป็นขั้นตอนที่อาจช่วยให้โครโมโซมมีค่าความเหมาะสมดีขึ้นหลังจากครอสโอเวอร์โดยการกลับค่าบางส่วนของโครโมโซมเป็นค่าใหม่ในตำแหน่งที่สุ่มได้ ตามอัตราความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (Probability Of Mutation : P_m) ที่กำหนด อัตราการมิวเตชั่น (P_m) หมายถึง เปอร์เซ็นต์ของจำนวนยีนทั้งหมดในประชากรที่จะเกิดการมิวเตชั่นขึ้น คำตอบที่ได้จากการกลายพันธุ์จะมีเพียงหนึ่งคำตอบที่มีลักษณะบางส่วนแตกต่างไปจากลักษณะต้นแบบ วิธีการมิวเตชั่นมีหลายวิธี เช่น

Random Sequence Mutation : วิธีนี้จะเริ่มจากการสุ่มตำแหน่งที่จะมิวเตชั่นมา 1 ตำแหน่ง จากนั้นนำขั้นงานที่อยู่ด้านซ้ายมือของตำแหน่งดังกล่าวจะถูกคัดลอกมาเป็นส่วนหัวของ

โครโมโซมตัวใหม่ส่วนงานในตำแหน่งที่เหลือจะได้มาจากวิธีเดียวกันโดยการตัดขั้นงานที่อยู่ในส่วนหัวของโครโมโซมตัวใหม่ออกไปแล้ว

Two-point Swapping Mutation : วิธีนี้จะเริ่มจากการสุ่มตำแหน่งที่จะมิวเตชั่นมา 2 ตำแหน่ง จากนั้นทำการสลับที่ตำแหน่งยีนที่สุ่มมาได้นั้นก็จะได้โครโมโซมตัวใหม่

นอกจากนี้ยังมีวิธีการมิวเตชั่นแบบอื่น ๆ เช่น One-Point, Transition, Transversion, Deletion, Insertion, Inversion ซึ่งเทคนิคการมิวเตชั่นส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับการใช้รูปแบบโครโมโซมแบบต่าง ๆ เช่นเดียวกับการครอสโอเวอร์ ขึ้นอยู่กับการนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับปัญหา ตัวอย่างการมิวเตชั่นแบบ Inversion ของโครโมโซมที่มีรูปแบบการเข้ารหัสแบบ Binary Encoding เป็นดังภาพประกอบ 2.18 [35]



ภาพประกอบ 2.18 ตัวอย่างการมิวเตชั่นแบบ Inversion

ที่มา http://www.ewh.ieee.org/soc/es/May2001/14/Begin.htm#REF23

จากภาพประกอบ 2.18 แสดงการมิวเตชั่นแบบ Inversion ซึ่งเป็นการกลับค่าตรงข้ามในตำแหน่งยีนที่ถูกเลือกสำหรับการมิวเตชั่น ในที่นี้คือตำแหน่งที่ 4 เช่นเดียวกัน โดยยีนในตำแหน่งที่ 4 มีค่ายีนเป็น 0 เมื่อผ่านการมิวเตชั่นแล้วจะมีค่ายีนกลายเป็น 1

2.5.1.5 การหยุดการค้นหา

ในการทำงานของกลไกทางเจเนติกอัลกอริทึม คือจะต้องมีการเขียนโปรแกรมการทำงานขึ้นมา ดังนั้นกลไกจะเริ่มต้นด้วยการสุ่มจำนวนประชากรของคำตอบเริ่มต้นขึ้นมาโดยที่ตัวโปรแกรมจะต้องมีการกำหนดจำนวนประชากรในแต่ละรุ่นว่าให้มีกี่จำนวน การกำหนดจำนวนประชากรในแต่ละรุ่นจะมีผลในการหาคำตอบที่น่าพึงพอใจที่สุด กล่าวคือ ถ้ากำหนดจำนวนน้อยการทำงานของโปรแกรมจะทำได้เร็ว แต่คำตอบที่ได้อาจจะไม่ใกล้เคียงกับคำตอบที่แท้จริง ในทาง

กลับกันถ้ากำหนดจำนวนมากโปรแกรมก็จะทำงานช้าแต่คำตอบที่ได้มีโอกาสที่จะเข้าใกล้คำตอบที่แท้จริงสูงจากนั้นต้องกำหนดจำนวนรุ่นว่าจะให้กลไกทำงานไปเรื่อย ๆ จนได้จำนวนประชากรเท่ากับที่ต้องการ ความมากน้อยของจำนวนรุ่นมีผลเหมือนกับค่าจำนวนประชากรในแต่ละรุ่น เมื่อโปรแกรมกำเนิดได้จำนวนรุ่นที่ต้องการแล้ว โปรแกรมก็เลือกคำตอบที่ดีที่สุดจากทั้งหมดมา แล้วก็จะหยุดการทำงาน

กล่าวโดยสรุปขั้นตอนการทำงานของเจเนติกอัลกอริทึม คือการกำหนดฟังก์ชันความเหมาะสมรวมทั้งรูปแบบโครโมโซมเสียก่อน จากนั้นจึงเริ่มสร้างประชากรเบื้องต้นตามรูปแบบโครโมโซมที่ได้กำหนดไว้ เมื่อได้ประชากรเริ่มต้นแล้วก็ทำการวัดค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซมเพื่อคัดเลือกเข้าสู่กระบวนการรีโปรดักชั่นโดยการคัดเลือกเอาเฉพาะโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมที่เป็นที่น่าพอใจชุดหนึ่งเก็บไว้ โครโมโซมที่คัดเลือกไว้นั้นจะถูกนำมาทำการครอสโอเวอร์และมิวเตชั่นได้เป็นโครโมโซมชุดใหม่ และนำเอาโครโมโซมชุดใหม่นี้มาวัดค่าความเหมาะสมเพื่อทำการคัดเลือกและดำเนินการต่อไปจนสิ้นสุดตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ก็จะได้โครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมเป็นที่น่าพอใจ หรือได้คำตอบของปัญหา

บทที่ 3

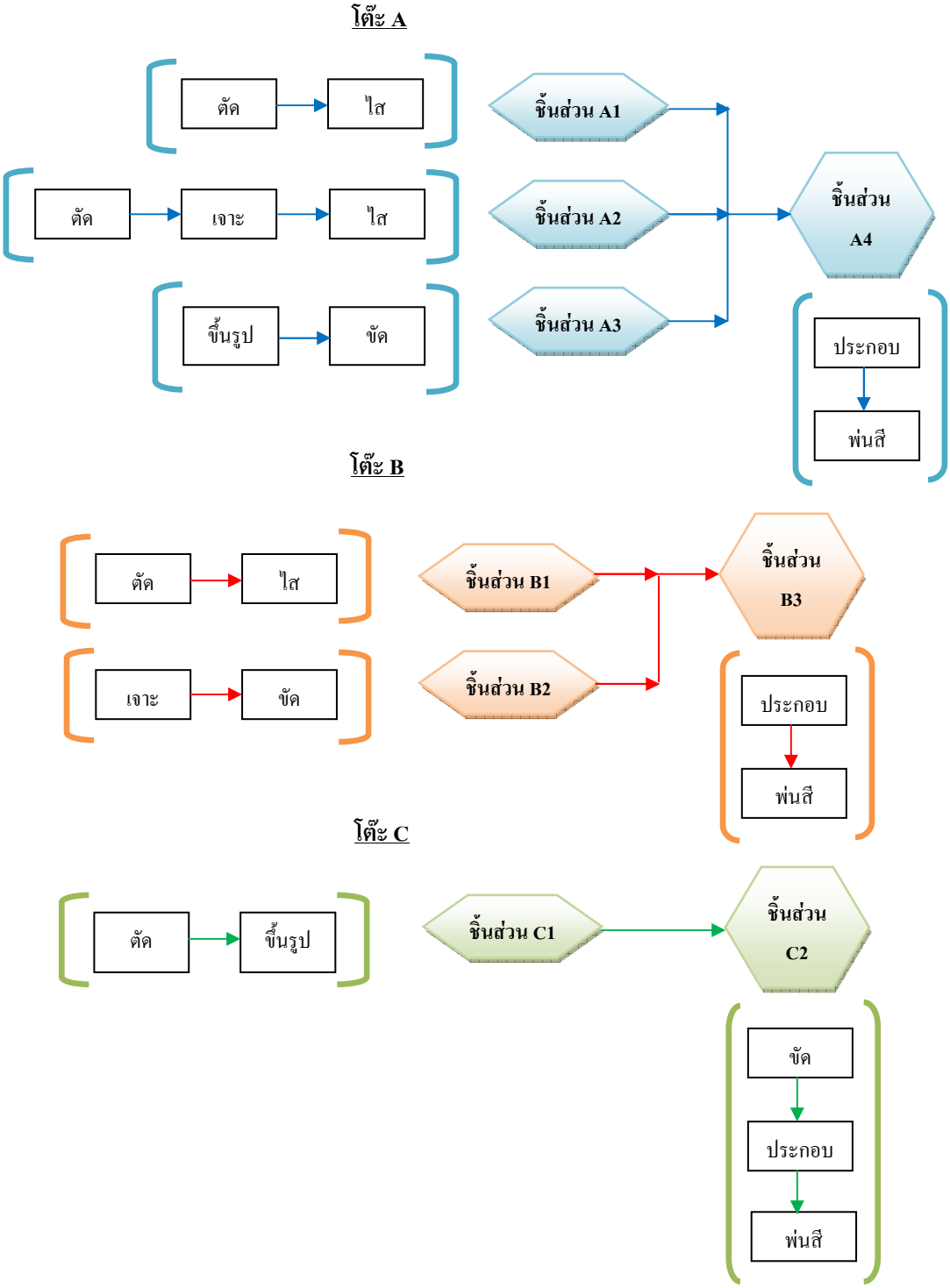
การพัฒนาโปรแกรมจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา โดยประยุกต์ใช้วิธีการเจเนติกอัลกอริทึม

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราโดยประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึม เริ่มต้นดำเนินการวิจัยจากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการจัดลำดับการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราซึ่งได้แก่ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตและข้อมูลเกี่ยวกับการจัดลำดับการผลิตเพื่อศึกษารูปแบบของปัญหาการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา และนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการออกแบบพัฒนาโปรแกรม ซึ่งจะนำเอาวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาประยุกต์ใช้ในส่วนการประมวลผลของโปรแกรมเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมให้กับปัญหาโดยใช้การพิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำที่สุด (Makespan Minimization) เป็นตัวชี้วัดลำดับการผลิตที่ดีที่สุด จากนั้นจึงดำเนินการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมจากข้อมูลและวิธีการที่ได้วางแผนไว้ด้วยโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2005 (Visual C#) และเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม Microsoft Access 2007 โดยเนื้อหาที่จะกล่าวถึงในบทนี้ประกอบด้วย รูปแบบของปัญหาการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา โครงสร้างของโปรแกรมการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา และลักษณะของโปรแกรมจัดลำดับการผลิตที่พัฒนาขึ้น

3.1 รูปแบบของปัญหาการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

รูปแบบของปัญหาการจัดลำดับการผลิตในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราเป็นการผลิตตามคำสั่งซื้อของลูกค้า ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่อุตสาหกรรมต้องผลิตมีความหลากหลายทั้งรูปแบบและขนาด แต่ละผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยหลายชิ้นส่วน แต่ละชิ้นส่วนต้องผ่านขั้นตอนการผลิตหลายขั้นตอน แต่ละขั้นตอนมีเครื่องจักรในการผลิตหลายเครื่องจักร นอกจากนี้ยังมีเงื่อนไขที่สำคัญในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา คือจะต้องผลิตชิ้นส่วนย่อยให้เสร็จก่อนจึงจะผลิต

ชิ้นส่วนที่ต้องประกอบได้ ดังนั้นการจัดลำดับชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ให้ผลิตบนเครื่องจักรที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงเงื่อนไขดังกล่าวจึงทำได้ยาก ตัวอย่างผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์แสดงชิ้นส่วนและขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนนั้น เป็นดังภาพประกอบ 3.1



ภาพประกอบ 3.1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์แสดงชิ้นส่วนและขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วน

จากภาพประกอบ 3.1 แสดงตัวอย่างชิ้นส่วนและขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนนั้นของผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ 3 ชนิด คือ โต๊ะ A โต๊ะ B และ โต๊ะ C แต่ละชนิดประกอบด้วยชิ้นส่วนจำนวน 4, 3 และ 2 ชิ้น ตามลำดับ โดยโต๊ะ A ประกอบด้วยชิ้นส่วน A1, A2, A3 และ A4 ซึ่งชิ้นส่วน A4 เกิดจากการประกอบชิ้นส่วน A1, A2 และ A3 โต๊ะ B ประกอบด้วยชิ้นส่วน B1, B2 และ B3 ซึ่งชิ้นส่วน B3 เกิดจากการประกอบชิ้นส่วน B1 และ B2 โต๊ะ C ประกอบด้วยชิ้นส่วน C1 และ C2 โดยชิ้นส่วนแต่ละชิ้นจะต้องผ่านขั้นตอนการผลิตต่าง ๆ เช่น ชิ้นส่วน A1 จะต้องผ่านขั้นตอนการตัดและไส เป็นต้น สำหรับขั้นตอนการผลิตแต่ละขั้นตอนจำเป็นต้องใช้เครื่องจักรในการทำงาน ซึ่งเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนอาจจะมีหลายเครื่องดังแสดงข้อมูลตัวอย่างการใช้เครื่องจักรในแต่ละขั้นตอนของการผลิตแต่ละชิ้นส่วนดังตารางที่ 3.1 การเลือกเครื่องจักรจึงเป็นอีกเงื่อนไขที่ต้องพิจารณาในการจัดลำดับการผลิต ดังนั้นข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้เป็นฐานข้อมูลในการจัดลำดับการผลิตที่เกี่ยวข้องกับการผลิตผลิตภัณฑ์ (ผลิตภัณฑ์ ชิ้นส่วน ขั้นตอนการผลิต เวลาในการผลิต และเครื่องจักรที่ใช้สำหรับผลิต) แสดงตัวอย่างข้อมูลได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลรายละเอียดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์	ชิ้นส่วน	ขั้นตอนการผลิต	เวลาผลิต (นาที)	เครื่องจักรที่ใช้สำหรับผลิต
โต๊ะ A	A1	ตัด	4	M11, M12
		ไส	4	M31, M32
	A2	ตัด	4	M11, M12
		เจาะ	4	M21, M22
		ไส	4	M31, M32
	A3	ขึ้นรูป	3	M41
		ขัด	1	M61, M62
	A4	ประกอบ	2	M51
		พ่นสี	1	M71, M72
โต๊ะ B	B1	ตัด	6	M11, M12, M13
		ไส	4	M31, M32
	B2	เจาะ	7	M21, M22
		ขัด	8	M61, M62
	B3	ประกอบ	11	M51
		พ่นสี	7	M71, M72
โต๊ะ C	C1	ตัด	3	M11, M12

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลรายละเอียดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์	ชิ้นส่วน	ขั้นตอนการผลิต	เวลาผลิต (นาที)	เครื่องจักรที่ใช้สำหรับผลิต
		ขึ้นรูป	6	M41
	C2	ขัด	1	M61, M62
		ประกอบ	1	M51
		พ่นสี	1	M71, M72

จากตาราง 3.1 แสดงรายละเอียดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ ชิ้นส่วน ขั้นตอนการผลิต และเครื่องจักรที่ใช้สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์โต๊ะ A, โต๊ะ B และโต๊ะ C เช่น ชิ้นส่วน A1 ของผลิตภัณฑ์โต๊ะ A มีขั้นตอนการผลิต 2 ขั้นตอน คือขั้นตอนการตัด และไส แต่ละขั้นตอนสามารถเลือกใช้เครื่องจักรสำหรับผลิตได้จากหลายเครื่อง เช่น ขั้นตอนการตัดสามารถเลือกใช้เครื่องจักร M11 และ M12 ได้โดยใช้เวลาในการผลิต 4 นาที ขั้นตอนการไสสามารถเลือกใช้เครื่องจักร M31 และ M32 ได้โดยใช้เวลาในการผลิต 4 นาที เป็นต้น ชิ้นส่วน A2 มีขั้นตอนการผลิต 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนตัด เจาะ และไส ขั้นตอนตัดสามารถเลือกใช้เครื่องจักร M11 และ M12 ซึ่งหากชิ้นส่วนก่อนหน้า คือชิ้นส่วน A1 ทำขั้นตอนการตัดด้วยเครื่อง M11 ไปแล้ว ขั้นตอนการตัดชิ้นส่วน A2 จะไม่สามารถเลือกใช้เครื่องจักรนี้ได้ ดังนั้นขั้นตอนการตัดชิ้นส่วน A2 จึงต้องใช้เครื่องจักร M12 โดยใช้เวลาในการผลิต 4 นาที เป็นต้น ส่วนขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนอื่น ๆ ก็พิจารณาการใช้เครื่องจักรได้เช่นเดียวกันนี้ ผลิตภัณฑ์โต๊ะ B และโต๊ะ C ก็พิจารณาเช่นเดียวกับชิ้นส่วนโต๊ะ A จากตัวอย่างข้อมูลผลิตภัณฑ์ 3 ชนิดที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้นเป็นเพียงตัวอย่างข้อมูลที่มีจำนวนน้อยพบว่ามีทางเลือกในการผลิตค่อนข้างมาก ซึ่งในความเป็นจริงจำนวนชิ้นส่วนและขั้นตอนการผลิตจะมีจำนวนมากยิ่งขึ้นจึงเป็นเรื่องยากที่จะจัดลำดับการผลิตที่ดีที่สุด

เพื่อแก้ปัญหาในส่วนของการจัดลำดับการผลิตชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้จึงออกแบบพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราขึ้นโดยนำเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาประยุกต์ใช้ในการประมวลผลเนื่องจากเจเนติกอัลกอริทึมเป็นเทคนิคที่ช่วยในการแก้ปัญหาขนาดใหญ่ มีตัวแปรเข้ามาเกี่ยวข้องเป็นจำนวนมาก และเป็นเทคนิคที่ได้รับการยอมรับถึงประสิทธิภาพและเป็นที่นิยมในปัจจุบัน จึงเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราเพื่อหาลำดับการผลิตที่ดีที่สุด ใช้การพิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำที่สุดเป็นตัวชี้วัดลำดับการผลิตที่ดีที่สุด โดยเงื่อนไขที่กำหนดในงานวิจัยนี้ คือ

1. ต้องมีการกำหนดเงื่อนไขการผลิตก่อนหลังให้กับชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์
2. เครื่องจักรมีประสิทธิภาพเท่าเทียมกัน

3. กำหนดให้แรงงานคนเปรียบเสมือนเครื่องจักร
4. แรงงานคนมีประสิทธิภาพและความชำนาญเท่าเทียมกัน
5. กำหนดจำนวนหน่วยผลิตภัณฑ์ (Lot Size) โดยผู้วางแผนการผลิต
6. ไม่พิจารณางานแทรก

3.2 โครงสร้างของโปรแกรมการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

โปรแกรมการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารามีโครงสร้างดังแสดงในภาพประกอบ 3.2 ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนการป้อนข้อมูลเข้า ส่วนการประมวลผล และส่วนแสดงผลลัพธ์ โดยเริ่มต้นผู้ใช้งานโปรแกรมจะทำการป้อนข้อมูลเข้าสู่ตัวโปรแกรมเพื่อทำการประมวลผลตามวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึม แล้วแสดงผลลัพธ์ออกมาเป็นลำดับการผลิตชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ที่มีเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำที่สุด สามารถอธิบายรายละเอียดแต่ละส่วนของโปรแกรมได้ดังนี้

(1) ส่วนการป้อนข้อมูลเข้า (Input)

ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการประมวลผลสำหรับโปรแกรมการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา จะกำหนดให้เป็นข้อมูลที่ต้องใส่ในส่วนของการป้อนข้อมูลเข้า ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลต่าง ๆ ดังแสดงในตาราง 3.2

ตาราง 3.2 ข้อมูลป้อนเข้าสำหรับโปรแกรมจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

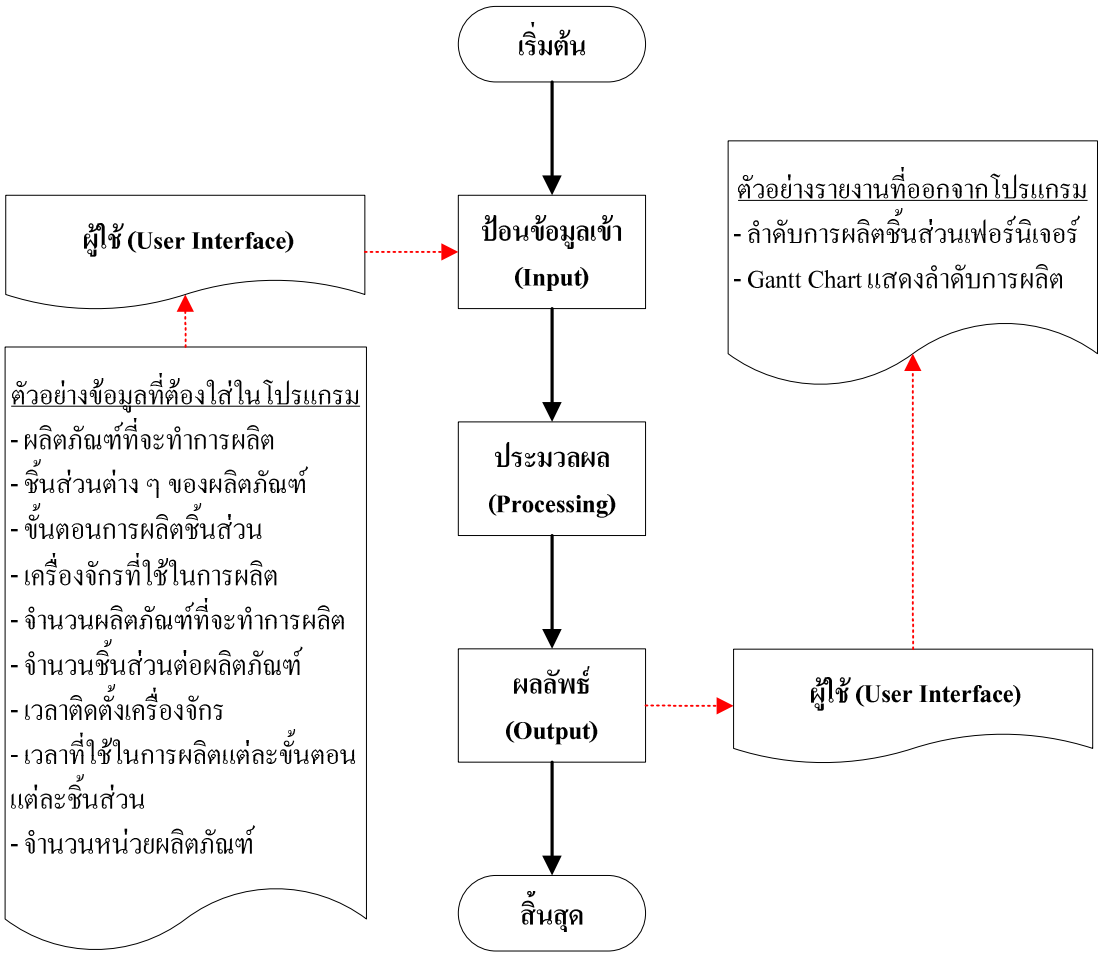
ข้อมูลป้อนเข้า	**รายละเอียด**
ชนิดผลิตภัณฑ์	ชื่อผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิต
ชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ที่จะผลิต
เครื่องจักร	ชื่อเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต
ขั้นตอนการผลิต	ชื่อขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ
เวลาที่ใช้ในการผลิต (วินาที)	เวลาที่ใช้ในการผลิตแต่ละขั้นตอนของชิ้นส่วนต่าง ๆ
จำนวนผลิตภัณฑ์	จำนวนผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิตทั้งหมด
จำนวนหน่วยผลิตภัณฑ์	จำนวนผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิตในแต่ละ Lot

(2) ส่วนการประมวลผล (Processing)

ในส่วนการประมวลผลของโปรแกรมจะประยุกต์ใช้วิธีการของเจเนติกอัลกอริทึม ให้เหมาะสมกับปัญหาการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา โดยใช้การพิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำที่สุดเป็นตัวชี้วัดลำดับการผลิตที่เหมาะสมที่สุด

(3) ส่วนการแสดงผลลัพธ์ (Output)

ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา คือลำดับการผลิตก่อนหลังของชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งมีเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำที่สุด และสามารถแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบ Gantt Chart เพื่อความสะดวกและง่ายต่อการเข้าใจลำดับการผลิต



ภาพประกอบ 3.2 โครงสร้างของโปรแกรมการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

3.3 การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

การประยุกต์ใช้วิธีการเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา เริ่มต้นจากการจำลองโครโมโซม หรือการแปลงคำตอบของปัญหาให้อยู่ในรูปของรหัสโครโมโซม ในกรณีของปัญหาการจัดลำดับการผลิต คำตอบของปัญหาคือกลุ่มของงานที่ถูกจัดให้กับเครื่องจักร ดังนั้นรูปแบบการจำลองโครโมโซมที่ใช้จึงต้องสามารถแสดงลำดับของงานในรูปของโครโมโซมได้ รูปแบบโครโมโซมที่ใช้จึงเป็นแบบการเรียงสับเปลี่ยนโดยทุกตำแหน่งของยีนในโครโมโซมจะเป็นค่าของจำนวนนับที่แทนตำแหน่งในลำดับ การแปลงรหัสคำตอบของปัญหาการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราเป็นรหัสโครโมโซม มีขั้นตอนดังนี้

(1) คำตอบ 1 คำตอบแทนด้วยโครโมโซม 1 ตัว คือแผนการผลิต 1 แผน

(2) ในโครโมโซมจะประกอบด้วยยีนเรียงกันอยู่ จำนวนยีนจะเท่ากับจำนวนของงานทั้งหมดที่จะถูกพิจารณา ในที่นี้ ยีน คือชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ที่จะจัดให้กับเครื่องจักร ดังนั้นจำนวนยีนจึงเท่ากับจำนวนชิ้นส่วนทั้งหมด เช่น ผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ที่จะจัดลำดับการผลิต 1 ผลิตภัณฑ์ มีจำนวนชิ้นส่วน 5 ชิ้น แสดงว่าโครโมโซมประกอบด้วยยีน 5 ยีน เป็นต้น

(3) ในแต่ละยีนจะแสดงด้วยรหัสตัวเลข 4 หลักใช้แทนชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ โดยตัวเลขสองหลักแรกหมายถึงชนิดผลิตภัณฑ์ ตัวเลขสองหลักหลังหมายถึงชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์นั้น เช่น รหัสยีน 0101 หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ 1 ชิ้นส่วนที่ 1 เป็นต้น จากตัวอย่างในข้อ 2 ซึ่งประกอบด้วยยีน 5 ยีน ดังนั้น รหัสโครโมโซมที่ได้คือ 0101 0102 0103 0104 0105 เป็นต้น

(4) ตำแหน่งของยีน หมายถึงลำดับที่ของงานหรือชิ้นส่วนนั้น ๆ เช่น ตำแหน่งของยีน 0102 คือตำแหน่งที่ 2 ดังนั้นลำดับที่ของชิ้นส่วน 0102 คือ ลำดับที่ 2 ที่จะจัดให้เครื่องจักรเป็นต้น

(5) ค่าในแต่ละยีนต้องไม่ซ้ำกัน

ตัวอย่างโครโมโซมของลำดับงาน 0301 0101 0202 0103 0201 0302 0102 0203 0303 0104 จะอ่านได้ว่า 1 โครโมโซมมี 10 ยีน หมายถึง การจัดลำดับการผลิตที่พิจารณา มี 10 ชิ้นส่วน ชิ้นส่วนแรกที่จะนำไปจัดให้เครื่องจักร คือชิ้นส่วนในตำแหน่งแรก ซึ่งก็คือยีน 0301 ชิ้นส่วนถัดไปที่จะนำไปจัดให้กับเครื่องจักรคือยีน 0101 และชิ้นส่วนที่จะนำไปจัดให้เครื่องจักรอีกคือชิ้นส่วนที่อยู่ตำแหน่งถัดไปตามลำดับ

เพื่อความเข้าใจในขั้นตอนการแปลงรหัสโครโมโซมจึงใช้ตัวอย่างข้อมูลผลิตภัณฑ์จากตารางที่ 3.1 มาแปลงเป็นรหัสโครโมโซม ซึ่งจากข้อมูลในตาราง 3.1 ประกอบด้วยผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด แต่ละชนิดมีจำนวนชิ้นส่วน 4, 3 และ 2 ชิ้น ตามลำดับ ดังนั้นจำนวนชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์

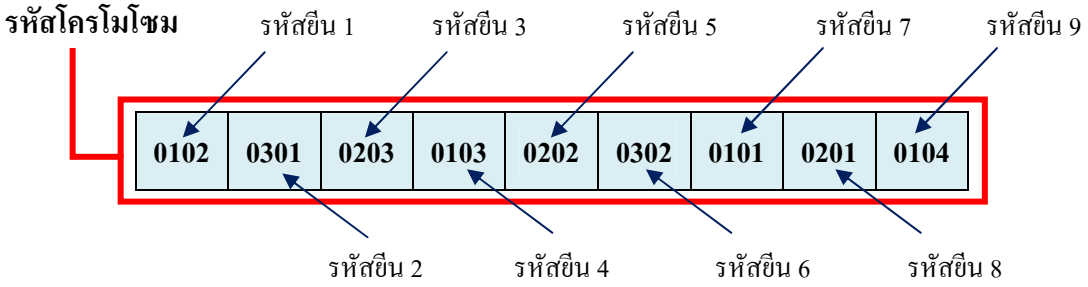
ทั้งหมดในการผลิตนี้ คือ 9 ชิ้นส่วน (4+3+2) คือชิ้นส่วน A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3, C1 และชิ้นส่วน C2 โครโมโซมตัวอย่างจึงประกอบด้วยยีนจำนวน 9 ยีน ซึ่งแสดงจำนวนชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่จะทำการผลิตตามลำดับ โครโมโซมที่ได้นี้จะเรียกว่าโครโมโซมหลักมีลักษณะดังนี้

โครโมโซมหลัก : 0101 0102 0103 0104 0201 0202 0203 0301 0302

โดยรหัสโครโมโซมหลักนี้เป็นเพียงรหัสที่จะแจกแจงให้ทราบว่าโครโมโซมประกอบด้วยยีนใดบ้าง ซึ่งโครโมโซมที่เป็นไปได้สำหรับปัญหาจะได้มาจากการสุ่มยีนในโครโมโซมหลักจนครบทุกยีนนั่นเอง ยกตัวอย่างโครโมโซมที่เป็นไปได้สำหรับปัญหานี้ คือ

โครโมโซมตัวอย่าง : 0102 0301 0203 0103 0202 0302 0101 0201 0104

ซึ่งรายละเอียดของโครโมโซมตัวอย่างแสดงในภาพประกอบ 3.3

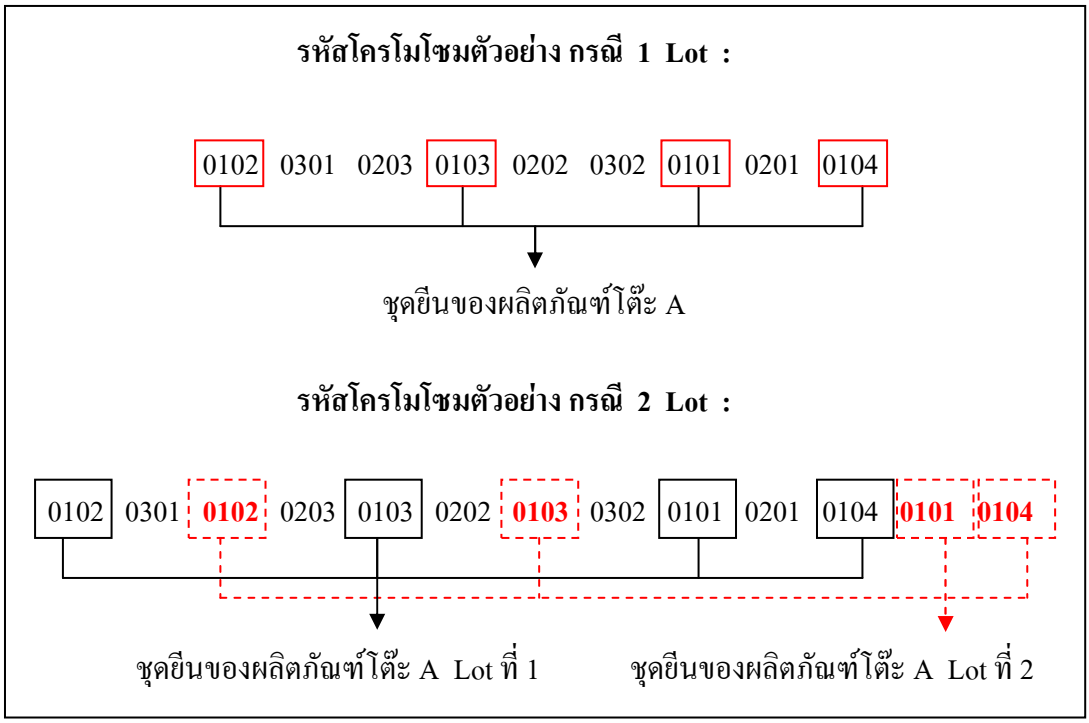


ภาพประกอบ 3.3 รายละเอียดโครโมโซมตัวอย่าง

จากโครโมโซมตัวอย่าง อธิบายได้ว่าโครโมโซมนี้ประกอบด้วย 9 ยีน แต่ละยีนบ่งบอกถึงลำดับการผลิตของแต่ละชิ้นส่วน โดยยีนที่จะทำการผลิตลำดับแรกจนถึงลำดับที่ 9 คือ รหัสยีน 0102 หรือชิ้นส่วน A2 ซึ่งต้องจัดให้ทำงานบนเครื่องจักรเป็นลำดับแรก, รหัสยีน 0301 หรือชิ้นส่วน C1 ต้องจัดให้ทำงานบนเครื่องจักรเป็นลำดับที่ 2, รหัสยีน 0203 หรือชิ้นส่วน B3 ต้องจัดให้ทำงานบนเครื่องจักรเป็นลำดับที่ 3, รหัสยีน 0103 หรือชิ้นส่วน A3 ต้องจัดให้ทำงานบนเครื่องจักรเป็นลำดับที่ 4, รหัสยีน 0202 หรือชิ้นส่วน B2 ต้องจัดให้ทำงานบนเครื่องจักรเป็นลำดับที่ 5, รหัส

ยีน 0302 หรือชิ้นส่วน C2 ต้องจัดให้ทำงานบนเครื่องจักรเป็นลำดับที่ 6, รหัสยีน 0101 หรือชิ้นส่วน A1 ต้องจัดให้ทำงานบนเครื่องจักรเป็นลำดับที่ 7, รหัสยีน 0201 หรือชิ้นส่วน B1 ต้องจัดให้ทำงานบนเครื่องจักรเป็นลำดับที่ 8 และรหัสยีน 0104 หรือชิ้นส่วน A4 ต้องจัดให้ทำงานบนเครื่องจักรเป็นลำดับที่สุดท้ายตามลำดับ

นอกจากนี้การผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดสามารถกำหนด Lot Size ที่ต้องการผลิตได้ เช่น ผลิตภัณฑ์โต๊ะ A ในภาพประกอบ 3.1 สั่งผลิต 100 ตัว กำหนด Lot Size ที่จะผลิต 50 ตัว ผลิตภัณฑ์โต๊ะ B และผลิตภัณฑ์โต๊ะ C สั่งผลิต 50 ตัว กำหนด Lot Size ที่จะผลิต 50 ตัว เป็นต้น ซึ่งการกำหนด Lot Size นี้ จะเกี่ยวข้องกับการแปลงรหัสโครโมโซมโดยจะต้องเพิ่มชุดของยีนแต่ละผลิตภัณฑ์ตามจำนวน Lot ที่ต้องทำการผลิต เช่น ผลิตภัณฑ์โต๊ะ A สั่งผลิต 100 ตัว กำหนด Lot Size เท่ากับ 50 จึงมีจำนวน Lot เท่ากับ 2 ผลิตภัณฑ์โต๊ะ B และผลิตภัณฑ์โต๊ะ C สั่งผลิต 50 ตัว กำหนด Lot Size เท่ากับ 50 จึงมีจำนวน Lot เท่ากับ 1 ดังนั้นจึงต้องเพิ่มชุดยีนของผลิตภัณฑ์โต๊ะ A เป็น 2 ชุด ดังแสดงในภาพประกอบ 3.4



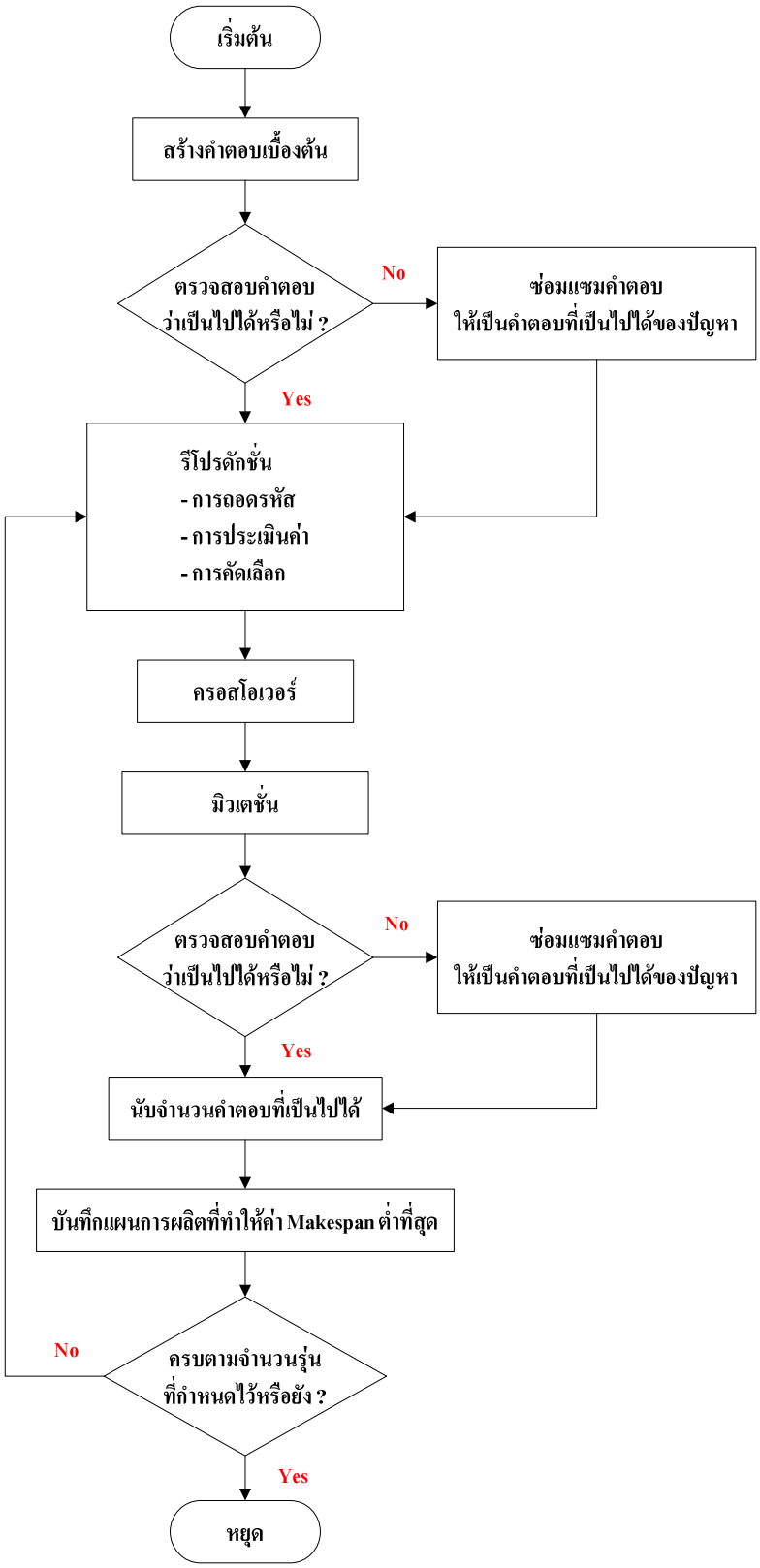
ภาพประกอบ 3.4 การแปลงรหัสโครโมโซม กรณีกำหนด Lot Size

เมื่อแปลงคำตอบของปัญหาให้อยู่ในรูปโครโมโซมได้แล้วขั้นตอนต่อไปคือการสร้างคำตอบเบื้องต้นขึ้นมาด้วยวิธีการสุ่มตามจำนวนประชากรเบื้องต้นที่กำหนด เช่น กำหนด

จำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 20 ก็จะทำการสุ่มโครโมโซมขึ้นมา 20 โครโมโซม จากนั้นตรวจสอบคำตอบของปัญหาหรือโครโมโซมที่ได้จากการสุ่มว่าเป็นคำตอบที่เป็นไปได้หรือไม่ ซึ่งในที่นี้คำตอบที่เป็นไปได้คือคำตอบที่ตรงกับเงื่อนไขของปัญหา คือลำดับของชิ้นส่วนย่อยต้องมาก่อนลำดับของชิ้นส่วนที่ต้องประกอบ เช่น จากตัวอย่างการผลิตโต๊ะ A ในภาพประกอบ 3.1 รหัสชิ้นส่วน A4 จะมีลำดับก่อนหน้ารหัสชิ้นส่วน A1, A2 และ A3 ไม่ได้ เป็นต้น ดังนั้นเมื่อพบคำตอบที่เป็นไปไม่ได้ คือลำดับของชิ้นส่วนที่ต้องประกอบมาก่อนลำดับชิ้นส่วนย่อย เช่น รหัสชิ้นส่วน A4 มาก่อนรหัสชิ้น A1 ก็จะต้องทำการซ่อมแซมคำตอบให้เป็นคำตอบที่เป็นไปได้ก่อน เมื่อตรวจสอบคำตอบตรงกับเงื่อนไขของปัญหาหรือเป็นคำตอบที่เป็นไปได้แล้ว ก็จะเข้าสู่ขั้นตอนการรีโปรดักชั่นซึ่งเป็นขั้นตอนการคัดเลือกโครโมโซมที่มีความเหมาะสมเพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไปของวิธีการเจเนติกอัลกอริทึม การรีโปรดักชั่นประกอบด้วยขั้นตอนย่อย คือขั้นตอนการถอดรหัสคำตอบ การคำนวณค่าความเหมาะสม และการคัดเลือก ซึ่งโครโมโซมที่ผ่านการคัดเลือกจะถูกนำมาจับคู่เพื่อทำการครอสโอเวอร์โดยการแลกเปลี่ยนบางส่วนในโครโมโซมพ่อแม่ เพื่อให้ได้โครโมโซมลูกเบื้องต้นและเข้าสู่ขั้นตอนการมิวเตชั่นต่อไป ซึ่งหลังจากการมิวเตชั่นก็จะต้องทำการตรวจสอบคำตอบอีกครั้งว่าเป็นคำตอบที่เป็นไปได้หรือไม่ หากพบคำตอบที่เป็นไปไม่ได้ก็จะต้องทำการซ่อมแซมคำตอบอีกครั้งหนึ่งจนได้ชุดโครโมโซมที่มีคำตอบตรงตามเงื่อนไขของปัญหา เมื่อได้โครโมโซมชุดใหม่ที่ผ่านขั้นตอนการครอสโอเวอร์และมิวเตชั่นมาแล้ว ก็จะคำนวณค่าความเหมาะสมอีกครั้งและบันทึกค่าความเหมาะสมนั้นไว้ เป็นอันเสร็จสิ้นขั้นตอนเจเนติกอัลกอริทึมในรุ่นที่หนึ่ง จากนั้นโปรแกรมจะทำการประมวลผลซ้ำตามขั้นตอนเจเนติกอัลกอริทึมดังที่ได้กล่าวไปแล้วจนครบตามจำนวนรุ่นที่กำหนดไว้ ซึ่งในแต่ละรุ่นก็จะมีการบันทึกค่าความเหมาะสมที่ดีที่สุดเอาไว้ ทำให้คำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่ดีขึ้นเรื่อย ๆ และสุดท้ายจะได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาซึ่งจะแสดงผลลัพธ์เป็นลำดับการผลิตชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ที่มีเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำที่สุด ขั้นตอนการประยุกต์ใช้วิธีการเจเนติกอัลกอริทึมแสดงได้ดังภาพประกอบ 3.5 ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนสำหรับปัญหาการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา ดังนี้

3.3.1 การสร้างคำตอบเบื้องต้น (Initialization)

เมื่อได้รูปแบบโครโมโซมที่เหมาะสมสำหรับปัญหาแล้ว ก็จะทำการสร้างคำตอบเบื้องต้นด้วยการสุ่มประชากรเบื้องต้นขึ้นมาจำนวนหนึ่งเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการของเจเนติกอัลกอริทึม โครโมโซม 1 ตัว คือประชากร 1 ตัว จำนวนประชากรเบื้องต้นที่ต้องการสร้างนั้นเป็นพารามิเตอร์ตัวหนึ่งที่จะต้องมีการกำหนดให้เหมาะสมกับปัญหา



ภาพประกอบ 3.5 ขั้นตอนการประยุกต์ใช้วิธีการเจเนติกอัลกอริทึม

สมมติ กำหนดให้จำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 5 ก็จะต้องทำการสุ่มโครโมโซมขึ้นมาจำนวน 5 โครโมโซม ตัวอย่างโครโมโซมที่สุ่มมาได้เป็นดังนี้

โครโมโซม 1	0102	0301	0203	0103	0202	0302	0101	0201	0104
โครโมโซม 2	0203	0104	0103	0201	0302	0101	0301	0202	0102
โครโมโซม 3	0301	0101	0103	0201	0104	0203	0302	0102	0202
โครโมโซม 4	0201	0103	0101	0302	0202	0104	0102	0203	0301
โครโมโซม 5	0301	0102	0201	0203	0302	0104	0202	0101	0103

เมื่อได้โครโมโซมตามจำนวนประชากรเบื้องต้นที่กำหนดแล้วก็จะนำโครโมโซมเหล่านี้เข้าสู่ขั้นตอนต่อไปของวิธีการเจเนติกอัลกอริทึม คือขั้นตอนการรีโปรดักชั่น

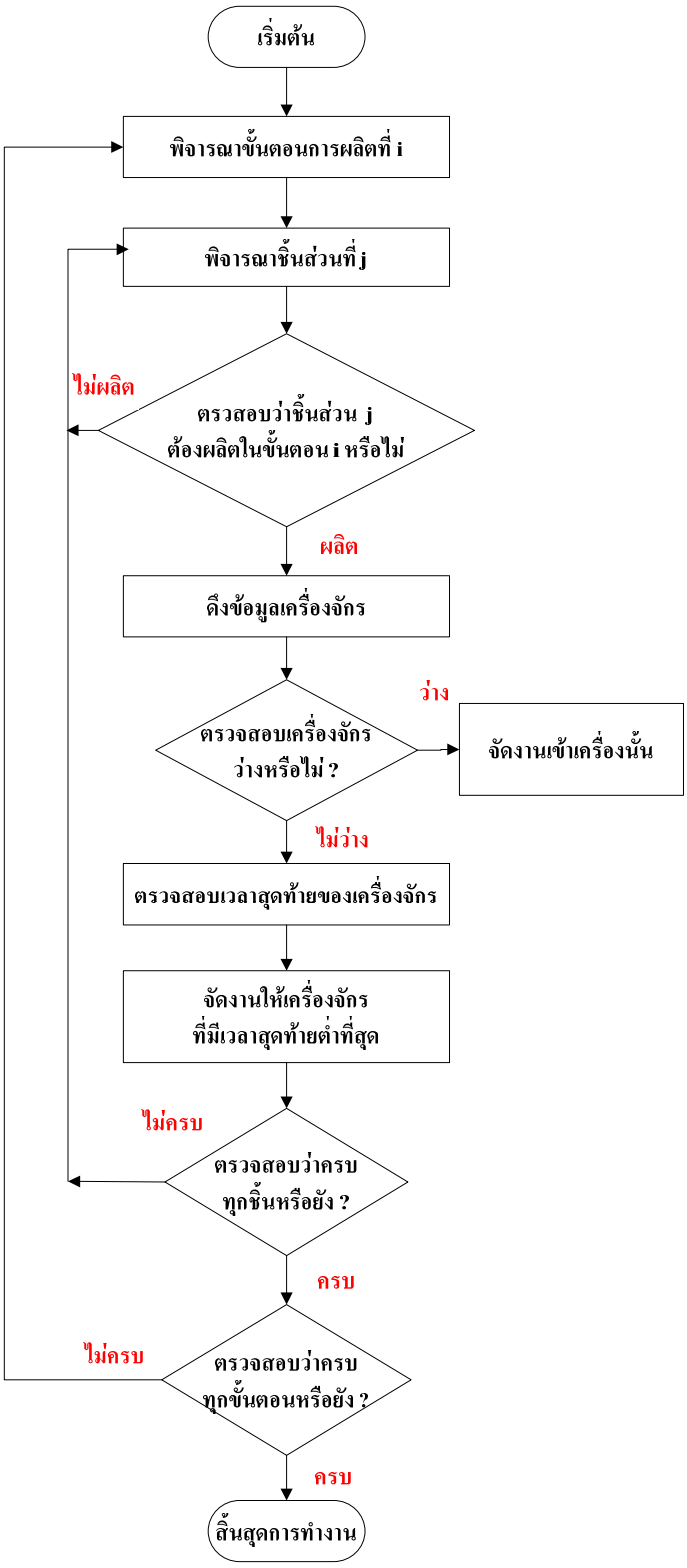
3.3.2 การรีโปรดักชั่น (Reproduction)

การรีโปรดักชั่น เป็นขั้นตอนการสร้างโครโมโซมตัวใหม่ขึ้นมาโดยใช้กลุ่มคำตอบพื้นฐานตามโครโมโซมที่เกิดขึ้นในกลุ่มประชากรเบื้องต้น ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนย่อยคือ การถอดรหัสคำตอบ การคำนวณค่าความเหมาะสม และการคัดเลือก สำหรับปัญหาการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารามีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนย่อยดังนี้

(1) การถอดรหัสคำตอบ (Decoding)

คือการแปลงโครโมโซมให้เป็นลำดับการผลิตชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์สำหรับแผนการผลิต 1 แผนโดยการนำชิ้นส่วนลำดับแรกของแผนการผลิตไปจัดให้เครื่องจักรตามลำดับ เช่น จากตัวอย่างโครโมโซม 1 ที่สุ่มมาได้ คือ 0102 0301 0203 0103 0202 0302 0101 0201 0104

ยีน 0102 หรือชิ้นส่วน A2 จะถูกจัดให้กับเครื่องจักรเป็นลำดับแรก ยีน 0301 หรือชิ้นส่วน C1 จะถูกจัดให้เครื่องจักรเป็นลำดับที่สอง ยีน 0203 หรือชิ้นส่วน B3 จะถูกจัดให้เครื่องจักรเป็นลำดับที่สาม ไปเรื่อย ๆ จนถึงยีนสุดท้าย คือยีน 0104 หรือชิ้นส่วน A4 จะถูกจัดให้เครื่องจักรเป็นลำดับสุดท้าย เป็นต้น โดยหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการจัดงานหรือชิ้นส่วนให้เครื่องจักรนั้นจะพิจารณาขั้นตอนการผลิตเป็นหลัก และคำนึงถึงการจัดงานให้เครื่องจักรที่ว่างก่อน ถ้าเครื่องจักรไม่ว่างก็จะจัดงานให้เครื่องจักรที่มีเวลาเสร็จงานก่อนหน้าเร็วที่สุดก่อน ดังแสดงในภาพประกอบ 3.6



ภาพประกอบ 3.6 การจัดงานให้เครื่องจักร

จากภาพประกอบ 3.6 เป็นการจัดงานให้เครื่องจักรโดยเริ่มต้นจากการพิจารณาขั้นตอนการผลิตของลำดับชิ้นส่วนในโครโมโซม ซึ่งจากตัวอย่างโครโมโซม 1 คือ

0102 0301 0203 0103 0202 0302 0101 0201 0104

เริ่มต้นจากพิจารณาขั้นตอนการผลิตที่ 1 ของแต่ละยีนในโครโซมตามลำดับว่ามีขั้นตอนนี้หรือไม่ เช่น ยีน 0102 หรือชิ้นส่วน A2 มีขั้นตอนการผลิตที่ 1 คือขั้นตอนการตัด ดังแสดงในตาราง 3.1 โปรแกรมก็จะดึงข้อมูลเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตมาพิจารณาว่าเครื่องจักรนั้นว่างหรือไม่ ถ้าเครื่องว่างก็ให้จัดยีนนั้นเข้าเครื่องจักรนั้นได้เลย ถ้าไม่มีเครื่องจักรใดว่างก็จะพิจารณาเวลาสุดท้ายของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง เครื่องจักรใดมีเวลาสุดท้ายต่ำที่สุดหรือเสร็จงานก่อนหน้าก่อนก็จะจัดงานให้กับเครื่องจักรนั้น ถ้าพิจารณาชิ้นส่วนแล้วไม่มีขั้นตอนการผลิตนี้ก็ให้วนไปพิจารณาชิ้นส่วนลำดับถัดไป จากนั้นตรวจสอบว่าได้จัดยีนเข้าเครื่องจักรครบทุกชิ้นแล้วหรือยัง ถ้ายังไม่ครบก็ให้วนกลับไปพิจารณาชิ้นส่วนถัดไป ถ้าครบทุกชิ้นแล้ว ก็ให้พิจารณาอีกว่าทำครบทุกขั้นตอนการผลิตหรือยัง ถ้ายังไม่ครบก็ให้วนกลับไปทำขั้นตอนถัดไปซึ่งก็คือขั้นตอนการผลิตลำดับที่ 2 เรื่อย ๆ จนครบทุกขั้นตอนการผลิต

ตัวอย่างการจัดงานให้เครื่องจักรของตัวอย่างโครโมโซมที่ 1 โดยใช้ข้อมูลในตาราง 3.1 เริ่มต้นจากพิจารณารหัสยีน 0102 หรือชิ้นส่วน A2 ว่ามีขั้นตอนการผลิตลำดับที่ 1 หรือไม่ จากข้อมูลพบว่ามีขั้นตอนการผลิตลำดับที่ 1 คือขั้นตอนการตัด จากนั้นจึงพิจารณาเครื่องจักรในขั้นตอนนี้พบว่ามีเครื่อง M11 และ M12 ตามลำดับ ชิ้นส่วน A2 จะถูกจัดให้เครื่องจักร M11 เนื่องจากเป็นขั้นตอนเริ่มต้นจึงพบเครื่องว่างทั้งสองเครื่องโดยโปรแกรมจะวนเจอเครื่องจักร M11 ก่อนจึงจัดให้เครื่องจักรนี้ทำการผลิตชิ้นส่วน A2 เริ่มต้นที่นาทีที่ 0 ผลิตเสร็จนาทีที่ 4 ซึ่งเป็นเวลาในการผลิตขั้นตอนการตัดของชิ้นส่วน A2 เป็นต้น พิจารณาชิ้นส่วนถัดไปในตัวอย่างโครโมโซม 1 ในกรณีเดียวกันนี้จนครบทุกชิ้นส่วน จากนั้นจึงพิจารณาขั้นตอนการผลิตที่ 2 เช่นนี้ไปเรื่อย ๆ เช่นเดียวกัน จนครบทุกขั้นตอน ซึ่งจากการจัดลำดับชิ้นส่วนให้กับเครื่องจักรจนครบทุกชิ้นส่วนครบทุกขั้นตอนตามลำดับแล้วจะทำให้ได้ค่าเวลาเริ่มต้นผลิตและเวลาผลิตเสร็จบนเครื่องจักรที่ผลิตชิ้นส่วนแต่ละชิ้นซึ่งสามารถหาค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานของระบบได้จากเวลาผลิตเสร็จมากที่สุดเนื่องจากเวลาผลิตเสร็จมากที่สุดจะหมายถึงเวลาสุดท้ายที่ผลิตชิ้นส่วนครบทุกชิ้น ซึ่งตัวอย่างข้อมูลเวลาการทำงานของลำดับชิ้นส่วนในโครโมโซม 1 ที่ได้จากการจัดงานเข้าเครื่องจักรจนครบทุกชิ้นส่วนครบทุกขั้นตอน เป็นดังตาราง 3.3

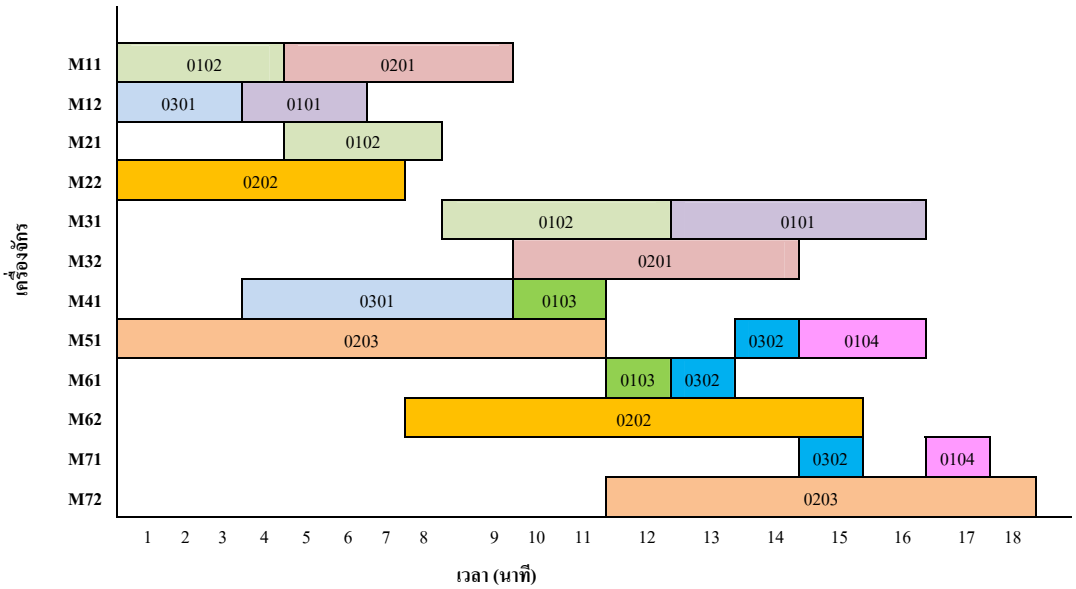
ตาราง 3.3 ตัวอย่างข้อมูลเวลาการทำงานของลำดับชิ้นส่วนในโครโมโซม 1

ชิ้นส่วนใน โครโมโซม 1	ขั้นตอนการผลิต	เครื่องจักรที่ผลิต	เวลาผลิต (นาที)	เวลาเริ่ม	เวลาเสร็จ
0102	1. ตัด	M11	4	0	4
	2. เจาะ	M21	4	4	8
	3. ไส	M31	4	8	12
0301	1. ตัด	M12	3	0	3
	2. ขึ้นรูป	M41	6	3	9
0203	1. ประกอบ	M51	11	0	11
	2. พ่นสี	M72	7	11	**18**
0103	1. ขึ้นรูป	M41	3	9	11
	2. ขัด	M61	1	11	12
0202	1. เจาะ	M22	7	0	7
	2. ขัด	M62	8	7	15
0302	1. ขัด	M61	1	12	13
	2. ประกอบ	M51	1	13	14
	3. พ่นสี	M71	1	14	15
0101	1. ตัด	M12	4	3	7
	2. ไส	M31	4	12	16
0201	1. ตัด	M11	6	4	10
	2. ไส	M32	4	10	14
0104	1. ประกอบ	M51	2	14	16
	2. พ่นสี	M71	1	16	17
เวลาเสร็จสิ้นการทำงาน			**18**		

จากตาราง 3.3 แสดงเวลาเริ่มต้น และเวลาเสร็จงานในการผลิตของชิ้นส่วนแต่ละชิ้นบนเครื่องจักรแต่ละเครื่อง ซึ่งพบว่ายีน 0203 ผลิตเสร็จเป็นลำดับสุดท้ายเนื่องจากมีเวลาเสร็จงานมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับยีนตัวอื่น ๆ ดังนั้นค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานซึ่งหมายถึงเวลาที่ผลิตชิ้นส่วนสุดท้ายเสร็จของโครโมโซม 1 จึงมีค่าเท่ากับ 18 หมายความว่า เวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนทุกชิ้นในโครโมโซมจนเสร็จคือนาทีที่ 18 เป็นต้น

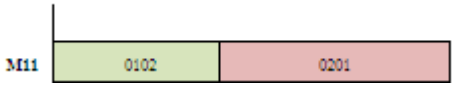
ผลที่ได้จากการถอดรหัสคำตอบหรือจัดลำดับชิ้นส่วนให้กับเครื่องจักรก็คือลำดับของชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ที่ผลิตบนเครื่องจักรตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จทุกชิ้นส่วน และค่าเวลาเสร็จสิ้น

การทำงานของระบบ ซึ่งตัวอย่างของผลที่ได้จากการถอดรหัสคำตอบโครโมโซม 1 จากตาราง 3.3 สามารถแสดงเป็น Gantt Chart แสดงได้ดังภาพประกอบ 3.7 อธิบายได้ดังนี้



ภาพประกอบ 3.7 ตัวอย่างผลที่ได้จากการถอดรหัสคำตอบแสดงเป็น Gantt Chart

จากภาพประกอบที่ 3.7 แสดงผลที่ได้จากการถอดรหัสคำตอบในรูปแบบ Gantt Chart คือลำดับของยีนแต่ละยีนที่โปรแกรมจัดให้เข้าเครื่องจักรแต่ละเครื่อง เช่น รหัสยีน 0102 ถูกจัดเข้าเครื่องจักร M11, M21 และ M31 ตามลำดับโดยมีเงื่อนไขว่ายีนแต่ละยีนต้องทำขั้นตอนก่อนหน้าให้เสร็จก่อนจึงจะทำขั้นตอนปัจจุบันได้ เมื่อพิจารณาการจัดลำดับยีนเข้าสู่เครื่องจักรแต่ละเครื่อง ยกตัวอย่างเช่น เครื่องจักร M11 พบว่ายีนที่ถูกจัดให้กับเครื่องจักร M11 เป็นลำดับแรก คือยีน 0102 และยีนที่ถูกจัดให้เครื่องจักรเป็นลำดับที่ 2 คือยีน 0201 เป็นต้น ดังแสดงในภาพประกอบ 3.8 ซึ่งขั้นตอนการถอดรหัสนี้จะแตกต่างกันไปตามรูปแบบการจำลองโครโมโซมในแต่ละงาน



ภาพประกอบ 3.8 ตัวอย่างลำดับยีนที่ถูกจัดให้เครื่องจักร M11

(2) การคำนวณค่าความเหมาะสม (Fitness)

การคำนวณค่าความเหมาะสมของปัญหาการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารานี้ ก็คือการคำนวณค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานที่ได้จากการจัดงานเข้าเครื่องจักรนั่นเอง ซึ่งฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เป็นการจัดลำดับการผลิตเพื่อให้ค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำที่สุด ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.1 และ 3.2 ดังนี้

$$\text{Min } C = \text{Max}\left[F_1, F_2, F_3, ..., F_\alpha\right] \tag{3.1}$$

$$F_\alpha = \sum_{k=1}^{p}\sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{m}\left[Q_{ijk(\alpha)}P_{ijk(\alpha)} + S_{ijk(\alpha)} + I_{ijk(\alpha)}\right]X_{ijk(\alpha)} \tag{3.2}$$

โดยที่

α เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต ($\alpha = 1, 2, 3, ..., u$)

i ขั้นตอนการผลิต ($i = 1, 2, 3, ..., m$)

j ชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ ($j = 1, 2, 3, ..., n$)

k ผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ ($k = 1, 2, 3, ..., p$)

u เครื่องจักรทั้งหมด

m จำนวนขั้นตอนการผลิตทั้งหมดของชิ้นส่วน j

n จำนวนชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ k

p จำนวนผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ทั้งหมดในแต่ละแผนการผลิต

C เวลาเสร็จสิ้นการทำงานที่ต่ำที่สุด (นาที)

F_α เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตบนเครื่องจักร α

$Q_{ijk(\alpha)}$ ปริมาณชิ้นส่วนที่ผลิตในขั้นตอน i ของชิ้นส่วน j ผลิตภัณฑ์ k บนเครื่องจักร α

$P_{ijk(\alpha)}$ เวลาที่ใช้ในการผลิตของขั้นตอน i ชิ้นส่วน j ผลิตภัณฑ์ k บนเครื่องจักร α (นาที)

$S_{ijk(\alpha)}$ เวลาติดตั้งเครื่องจักรของขั้นตอน i ชิ้นส่วน j ผลิตภัณฑ์ k บนเครื่องจักร α (นาที)

$X_{ijk(\alpha)}$ สถานะของงาน ijk บนเครื่องจักร α

ถ้า $X_{ijk(\alpha)} = 1$; ได้ทำงาน ijk บนเครื่องจักร α

$X_{ijk(\alpha)} = 0$; ไม่ได้ทำงาน ijk บนเครื่องจักร α

$I_{ijk(\alpha)}$ เวลารอคอยงานบนเครื่องจักร α คำนวณได้จากสมการที่ 3.3

$$I_{ijk(\alpha)} = ET_{(z-1)_\alpha} - ST_{(z)_\alpha} \quad (3.3)$$

$ET_{(z-1)_\alpha}$ เวลาสุดท้ายในการผลิตงานก่อนหน้า Z หนึ่งลำดับบนเครื่องจักร α

$ST_{(z)_\alpha}$ เวลาเริ่มต้นในการผลิตงานลำดับ Z บนเครื่องจักร α

Z ลำดับที่ของงาน ijk บนเครื่องจักร α คำนวณได้จากสมการที่ 3.4

$$Z_\alpha = \sum_{r=1}^{\beta} y_{r_\alpha} \quad (3.4)$$

r ลำดับที่ของการทำงานเริ่มจาก (1, 2, 3, ..., β)

y_{r_α} งาน ijk ลำดับที่ r โดยกำหนดให้

$y_{r_\alpha} = r$; เมื่องาน ijk ถูกกำหนดให้อยู่ในลำดับที่ r

$y_{r_\alpha} = 0$; เมื่องาน ijk ไม่ถูกกำหนดให้อยู่ในลำดับที่ r

β ลำดับงานทั้งหมด คำนวณได้จากสมการที่ 3.5

$$\beta = \sum_{k=1}^{p} \sum_{j=1}^{n} M_{jk} \quad (3.5)$$

M_{jk} จำนวนขั้นตอนการผลิตของชิ้นส่วน j ผลิตภัณฑ์ k

(3) การคัดเลือก (Selection)

เมื่อคำนวณค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซมจนครบตามจำนวนประชากรเบื้องต้นที่กำหนดแล้ว ขั้นตอนสุดท้ายของการรีโปรดักชั่นก็คือการคัดเลือก ซึ่งวิธีการคัดเลือกนี้จะพิจารณาจากค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม โดยโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมมากจะมีโอกาสถูกคัดเลือกได้มากกว่าโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมน้อย ในงานวิจัยนี้โครโมโซมที่มีโอกาสถูกเลือกมากคือโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมน้อยนั่นคือค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานมีค่าต่ำ การคิดค่าความเหมาะสมจึงคิดเป็นส่วนกลับของค่า Makespan วิธีการคัดเลือกที่ใช้คือวิธีการคัดเลือกแบบวงล้อรูเล็ท (Roulette Wheel) ซึ่งจะต้องมีการสร้างวงล้อรูเล็ทขึ้นมาก่อนโดยขั้นตอนการสร้างวงล้อรูเล็ทมีดังนี้

(3.1) หาค่าความเหมาะสมรวม (SumFitness) ของโครโมโซมทั้งหมดจากผลรวมของส่วนกลับค่า Makespan ของโครโมโซมแต่ละตัว ค่าความเหมาะสมรวมสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.6

$$\text{SumFitness} = \sum_{i=1}^{\text{popsize}} \left(\frac{1}{\text{Fitness}_i} \right) \tag{3.6}$$

โดยที่

Fitness_i คือค่า Makespan ของโครโมโซมตัวที่ i

i ลำดับที่ของโครโมโซม $(i = 1, 2, 3, ..., \text{popsize})$

popsize จำนวนประชากรเบื้องต้นที่กำหนด

(3.2) หาค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือก (Selection of Probability) ของโครโมโซมแต่ละตัวคำนวณได้จากส่วนกลับของค่า Makespan ของโครโมโซมแต่ละตัวหารด้วยผลรวมส่วนกลับของค่า Makespan ของโครโมโซมทั้งหมด เนื่องจากค่าความเหมาะสมคือค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานที่มีค่าต่ำ ดังนั้นยิ่งค่า Makespan มีค่าต่ำก็จะยิ่งทำให้ค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกมีค่ามาก ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 3.7

$$P_i = \frac{\left(\frac{1}{\text{Fitness}_i} \right)}{\text{SumFitness}} \tag{3.7}$$

โดยที่

P_i ค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกของโครโมโซมที่ i

i ลำดับที่ของโครโมโซม $(i = 1,2,3,..., \text{popsize})$

(3.3) หาความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสม (Cumulative of Probability) ของโครโมโซมแต่ละตัว ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 3.8

$$\text{Cum}_i = \sum_{i=1}^{1} P_i \tag{3.8}$$

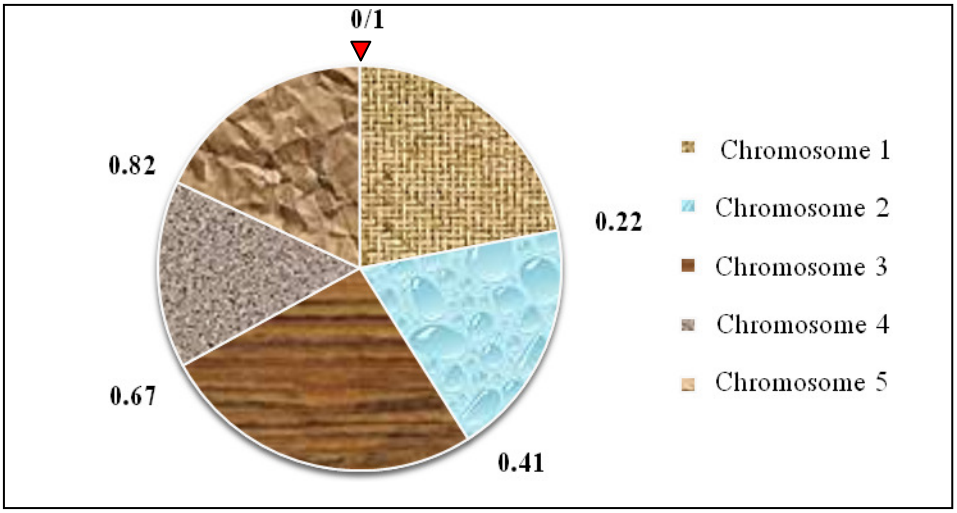
โดยที่

Cum_i ค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสมของโครโมโซม i

จากนั้นจึงนำค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกของโครโมโซมแต่ละตัวไปสร้างวงล้อรูเล็ทโดยโครโมโซมทั้งหมดที่อาศัยอยู่ในขนาดพื้นที่ของวงล้อ คือสัดส่วนของค่าความเหมาะสมของทุกโครโมโซม ค่าความเหมาะสมที่มากที่สุดคือพื้นที่ที่มากที่สุดในส่วนของวงล้อ เมื่อมีการหมุนวงล้อโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมมากจะมีโอกาสถูกเลือกได้มาก ตัวอย่างการคำนวณค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือก และค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสมของแต่ละโครโมโซม เป็นดังตาราง 3.4 ซึ่งแสดงตัวอย่างค่าที่ได้จากการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกจากสมการที่ 3.7 และค่าที่ได้จากการคำนวณค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสมจากสมการที่ 3.8 จากนั้นนำข้อมูลตัวอย่างจากตารางดังกล่าวไปสร้างวงล้อรูเล็ทได้ดังภาพประกอบ 3.9 ซึ่งแสดงสัดส่วนของค่าความเหมาะสมของโครโมโซมแต่ละตัวโดยโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมมากจะมีสัดส่วนพื้นที่ในวงกลมมากตามไปด้วย

ตาราง 3.4 ตัวอย่างการคำนวณค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือก และค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสม

Chromosome	**Fitness (Makespan)**	**1/Fitness**	**Probability (Prob.)**	**Cumulative Prob. (Cum.)**
1	18	0.06	0.22	0.22
2	22	0.05	0.19	0.41
3	15	0.07	0.26	0.67
4	24	0.04	0.15	0.82
5	20	0.05	0.18	**1.00**
Total	**96**	**0.27**	**1.00**	



ภาพประกอบ 3.9 ตัวอย่างการสร้างวงล้อรูเล็ทจากข้อมูลตัวอย่างในตาราง 3.4

ขั้นตอนการคัดเลือกนี้จะทำการคัดเลือกโครโมโซมชุดใหม่ขึ้นมาตามจำนวนประชากรเบื้องต้น โครโมโซมที่มีความเหมาะสมมาก จะมีโอกาสถูกเลือกมาก ทำให้โครโมโซมชุดใหม่ที่ได้มีค่าความเหมาะสมโดยเฉลี่ยต่ำกว่าโครโมโซมชุดเดิม ขั้นตอนการคัดเลือกโครโมโซมชุดใหม่นี้จะใช้วิธีการสุ่มตัวเลข (0-1) ขึ้นมาตามจำนวนประชากรเบื้องต้นที่กำหนด จากนั้นนำตัวเลขสุ่มแต่ละตัวไปเทียบกับค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสมในวงล้อรูเล็ท และตรวจสอบค่าตัวเลขสุ่มว่าตกอยู่ในพื้นที่ของโครโมโซมตัวใด โครโมโซมตัวนั้นก็จะถูกเลือกมาเป็นโครโมโซมชุดใหม่ ตัวอย่างข้อมูลตัวเลขสุ่มเพื่อใช้ในการคัดเลือกโครโมโซมเป็นดังตาราง 3.5 ซึ่งจะใช้ตัวเลขสุ่มนี้เปรียบเทียบกับค่าความน่าจะเป็นในการคัดเลือกสะสมว่าตกอยู่ในช่วงของโครโมโซมตัวใด โครโมโซมนั้นก็จะถูกเลือกมา ทำการสุ่มตัวเลขเพื่อคัดเลือกโครโมโซมชุดใหม่จนครบตามจำนวนประชากรเบื้องต้นที่กำหนด

ตาราง 3.5 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการคัดเลือกโครโมโซมชุดใหม่

ตัวเลขสุ่ม	ค่าอยู่ในช่วงของ Cumulative Prob.	โครโมโซมที่ถูกเลือก
0.45	0.41-0.67	3
0.19	0-0.22	1
0.69	0.67-0.82	4
0.77	0.67-0.82	4
0.32	0.22-0.41	2

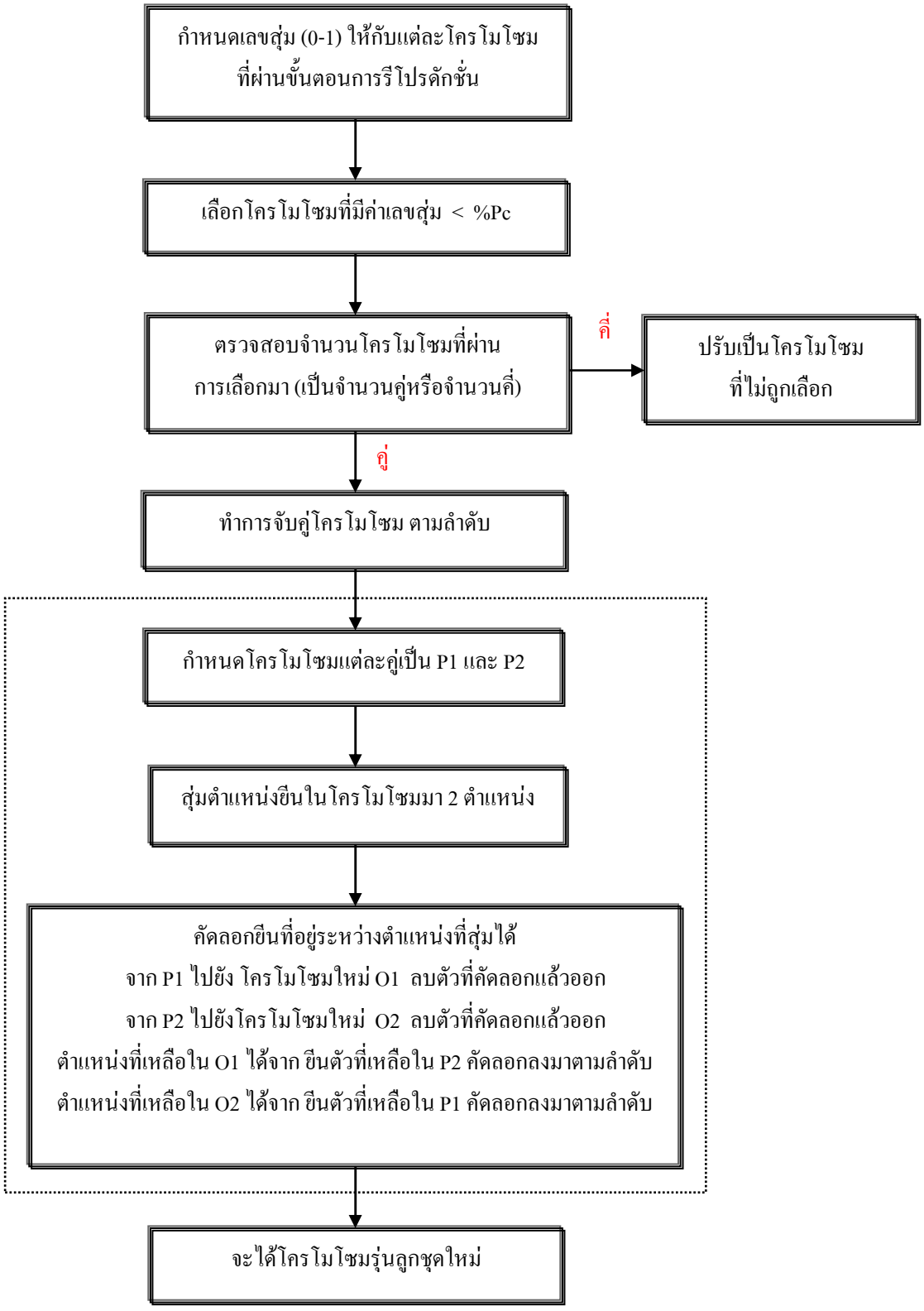
จากตาราง 3.5 โครโมโซมชุดใหม่ที่ถูกเลือกมาจากตัวอย่างโครโมโซมที่สุ่มไว้ในขั้นตอนการสร้างคำตอบเบื้องต้น ได้แก่โครโมโซม 3, 1, 4, 4 และ 2 ดังนี้

โครโมโซม 3	0301	0101	0103	0201	0104	0203	0302	0102	0202
โครโมโซม 1	0102	0301	0203	0103	0202	0302	0101	0201	0104
โครโมโซม 4	0201	0103	0101	0302	0202	0104	0102	0203	0301
โครโมโซม 4	0201	0103	0101	0302	0202	0104	0102	0203	0301
โครโมโซม 2	0203	0104	0103	0201	0302	0101	0301	0202	0102

จากโครโมโซมชุดใหม่ที่ถูกเลือกมานี้จะมีโครโมโซมเพียงบางส่วนเท่านั้นที่จะถูกเลือกอีกครั้งเพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไปของวิธีการเจเนติกอัลกอริทึม คือ ขั้นตอนการครอสโอเวอร์

3.3.3 การครอสโอเวอร์ (Crossover)

เป็นขั้นตอนที่ทำหลังจากขั้นตอนการรีโปรดักชั่นโดยการแลกเปลี่ยนบางส่วนของโครโมโซมพ่อแม่ (Parent) ซึ่งจากโครโมโซมชุดใหม่ที่ได้จากการคัดเลือกนั้นจะมีเพียงโครโมโซมบางส่วนเท่านั้นที่จะถูกคัดเลือกมาตามอัตราความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (P_c) เพื่อสร้างโครโมโซมรุ่นใหม่หรือโครโมโซมรุ่นลูก (Offspring) ชุดใหม่ขึ้นมาโดยใช้วิธีการครอสโอเวอร์แบบลำดับ (Order Crossover : OX) [21] ซึ่งเป็นวิธีการครอสโอเวอร์ที่เหมาะสำหรับปัญหาที่มีรหัสโครโมโซมแบบลำดับงาน กำหนดให้ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เริ่มต้นเท่ากับ 0.8 ขั้นตอนแสดงการคัดเลือกโครโมโซมเพื่อทำการครอสโอเวอร์เป็นดังภาพประกอบ 3.10 ซึ่งเริ่มต้นจากการกำหนดเลขสุ่ม (0-1) ให้กับแต่ละโครโมโซมที่ผ่านขั้นตอนการรีโปรดักชั่น ซึ่งได้แก่ โครโมโซม 3, 1, 4, 4 และ 2 มีค่าตัวเลขสุ่มคือ 0.89, 0.41, 0.22, 0.64 และ 0.35 ตามลำดับดังตัวอย่างในตาราง 3.5 จากนั้นก็พิจารณาเลขสุ่มของโครโมโซมแต่ละตัวและเลือกโครโมโซมที่มีค่าเลขสุ่มน้อยกว่าค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่กำหนดไว้ คือ 0.8 เช่น โครโมโซม 1, 4, 4 และ 2 มีค่าเลขสุ่ม 0.41, 0.22, 0.64 และ 0.35 ตามลำดับซึ่งเป็นค่าที่น้อยกว่าค่า 0.8 ดังนั้นโครโมโซม 1, 4, 4 และ 2 จึงถูกเลือกมาเพื่อทำการครอสโอเวอร์ ส่วนโครโมโซมที่ไม่ถูกเลือกเพื่อทำการครอสโอเวอร์มีเพียงตัวเดียวคือโครโมโซม 3 เนื่องจากมีค่าเลขสุ่ม 0.89 ซึ่งมากกว่า 0.8 จากนั้นทำการจับคู่โครโมโซมที่ถูกเลือกมาทีละคู่ตามลำดับแล้วกำหนดเป็นโครโมโซมพ่อแม่ (P1,P2) ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการคัดเลือกโครโมโซมสำหรับทำการครอสโอเวอร์แสดงได้ดังตาราง 3.6



ภาพประกอบ 3.10 ขั้นตอนการคัดเลือกโครโมโซมเพื่อทำการครอสโอเวอร์

ตาราง 3.6 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการคัดเลือกโครโมโซมเพื่อทำการครอสโอเวอร์

โครโมโซมชุดใหม่	**ตัวเลขสุ่ม**	**เลือกโครโมโซมที่ตัวเลขสุ่ม < %Pc (0.8)**
3	0.89	☒
1	0.41	☑
4	0.22	☑
4	0.64	☑
2	0.35	☑

หมายเหตุ สัญลักษณ์ ☒ ไม่ถูกเลือกเพื่อทำการครอสโอเวอร์

สัญลักษณ์ ☑ ถูกเลือกเพื่อทำการครอสโอเวอร์

จากตาราง 3.6 โครโมโซมที่ถูกเลือกเพื่อทำการครอสโอเวอร์ได้แก่ โครโมโซม 1, 4, 4 และ 2 ซึ่งจะนำโครโมโซมเหล่านี้มาจับคู่เพื่อทำการครอสโอเวอร์ตามลำดับ ดังนั้นโครโมโซมคู่แรกได้แก่ โครโมโซม 1 และโครโมโซม 4 คู่ที่สองได้แก่ โครโมโซม 4 และโครโมโซม 2 จากนั้นกำหนดเป็นโครโมโซมพ่อแม่ คือ P1 และ P2 ในแต่ละคู่โครโมโซม โดยโครโมโซมลำดับแรกกำหนดให้เป็น P1 และโครโมโซมลำดับ 2 กำหนดให้เป็น P2 การกำหนดจะทำในลักษณะนี้ของทุกคู่โครโมโซม เพื่อทำการครอสโอเวอร์ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

โครโมโซม 1 ➦ P1 0102 0301 0203 0103 0202 0302 0101 0201 0104

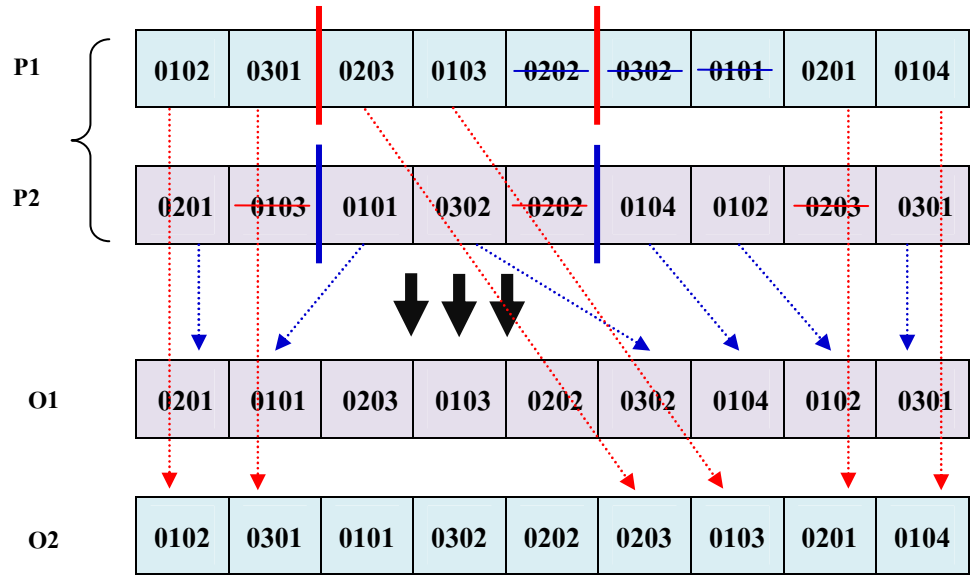
โครโมโซม 4 ➥ P2 0201 0103 0101 0302 0202 0104 0102 0203 0301

โครโมโซม 4 ➦ P1 0201 0103 0101 0302 0202 0104 0102 0203 0301

โครโมโซม 2 ➥ P2 0203 0104 0103 0201 0302 0101 0301 0202 0102

นำโครโมโซมแต่ละคู่มาทำการครอสโอเวอร์ดังแสดงตัวอย่างในภาพประกอบ 3.11 ซึ่งแสดงวิธีการครอสโอเวอร์แบบ Order Crossover โดยการสุ่มตำแหน่งยีนภายในโครโมโซม P1 มาสองตำแหน่ง ซึ่งจากภาพประกอบ 3.11 ตำแหน่งยีนที่สุ่มได้ คือ ตำแหน่งที่ 2 และ 5 ทำการครอสโอเวอร์โดยคัดลอกยีนที่อยู่ระหว่างตำแหน่งที่ 2 และ 5 ของโครโมโซม P1 คือ ยีน 0203 0103 0202 ไปยังยีนที่อยู่ระหว่างตำแหน่งที่ 2 และ 5 ของโครโมโซมลูกเบื้องต้น O1 จากนั้นลบค่ายีนดังกล่าว คือ ยีน 0203 0103 0202 ออกจากโครโมโซม P2 ซึ่งอยู่ในตำแหน่งที่ 2, 5 และ 8 ทิ้งไป นำยีนที่เหลือในโครโมโซม P2 คือยีน 0201 0101 0302 0104 0102 0301 มาใส่ในตำแหน่งที่ยังว่างของโครโมโซม O1 ตามลำดับจากซ้ายไปขวา จะได้โครโมโซม O1 ซึ่งผ่านกระบวนการ

ครอสโอเวอร์แล้ว โครโมโซมลูกเบื้องต้น O2 จะได้จากวิธีการเช่นเดียวกันแต่พิจารณาสลับกัน คือ คัดลอกยีนที่อยู่ระหว่างตำแหน่งที่ 2 และ 5 ของโครโมโซม P2 คือ ยีน 0101 0302 0202 ไปยังยีนที่อยู่ระหว่างตำแหน่งที่ 2 และ 5 ของโครโมโซม O2 จากนั้นลบค่ายีนดังกล่าว คือ ยีน 0101 0302 0202 ออกจากโครโมโซม P1 ซึ่งอยู่ในตำแหน่งที่ 5, 6 และ 7 ทิ้งไป นำงานที่เหลือในโครโมโซม P1 คือยีน 0102 0301 0203 0103 0201 0104 มาใส่ในตำแหน่งที่ยังว่างของโครโมโซม O2 ตามลำดับจากซ้ายไปขวา จะได้โครโมโซม O2 ซึ่งผ่านกระบวนการครอสโอเวอร์แล้วเช่นเดียวกับโครโมโซม O1



ภาพประกอบ 3.11 ตัวอย่างวิธีการครอสโอเวอร์แบบ Order Crossover (OX)

เมื่อทำการครอสโอเวอร์จนครบทุกคู่ก็จะได้โครโมโซมตัวใหม่ที่ผ่านการครอสโอเวอร์แล้ว ดังนี้

โครโมโซม 1*	O1	0201 0101 0203 0103 0202 0302 0104 0102 0301
โครโมโซม 4*	O2	0102 0301 0101 0302 0202 0203 0103 0201 0104
โครโมโซม 4*	O3	0201 0103 0101 0302 0202 0104 0102 0203 0301
โครโมโซม 2*	O4	0203 0104 0103 0201 0302 0101 0301 0202 0102

หมายเหตุ * โครโมโซมที่ผ่านการครอสโอเวอร์แล้ว

มาถึงส่วนนี้จะได้โครโมโซมที่ผ่านการครอสโอเวอร์แล้ว 4 โครโมโซมคือ โครโมโซม 1*, 4*, 4* และ 2* และมีอีก 1 โครโมโซมไม่ได้ถูกคัดเลือกสำหรับทำการครอสโอเวอร์ คือโครโมโซม 3 ดังนี้

โครโมโซม 3		0301 0101 0103 0201 0104 0203 0302 0102 0202
โครโมโซม 1*	O1	0201 0101 0203 0103 0202 0302 0104 0102 0301
โครโมโซม 4*	O2	0102 0301 0101 0302 0202 0203 0103 0201 0104
โครโมโซม 4*	O3	0201 0103 0101 0302 0202 0104 0102 0203 0301
โครโมโซม 2*	O4	0203 0104 0103 0201 0302 0101 0301 0202 0102

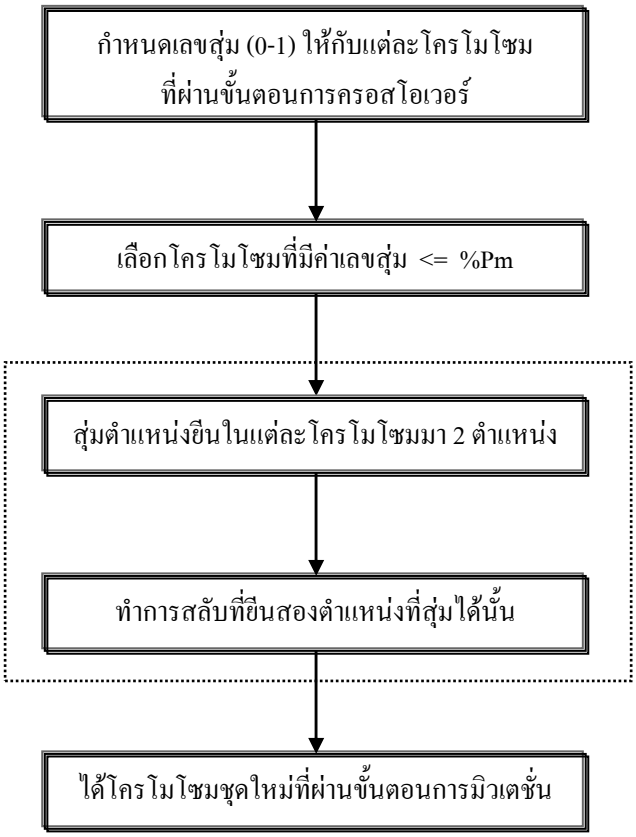
หมายเหตุ * โครโมโซมที่ผ่านการครอสโอเวอร์แล้ว

โครโมโซมที่ผ่านการครอสโอเวอร์แล้วนี้จะมีเพียงบางส่วนเท่านั้นที่จะถูกคัดเลือกเพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป คือขั้นตอนการมิวเตชั่น

3.3.4 การมิวเตชั่น

เป็นขั้นตอนที่อาจช่วยให้โครโมโซมมีค่าความเหมาะสมดีขึ้นหลังจากการครอสโอเวอร์ การมิวเตชั่นทำได้โดยการสลับตำแหน่งของค่าภายในโครโมโซมตัวเดียว จะมีโครโมโซมเพียงบางส่วนเท่านั้นที่จะถูกนำมาทำการมิวเตชั่นซึ่งขึ้นอยู่กับค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (%Pm) กำหนดให้ค่าวามน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเริ่มต้นเท่ากับ 0.2 ทำการมิวเตชั่นโดยใช้วิธีการมิวเตชั่นแบบ Two-point Swapping Mutation [36] เนื่องจากเป็นวิธีการมิวเตชั่นที่เหมาะสำหรับปัญหาที่มีรูปแบบโครโมโซมเป็นแบบลำดับงานหรือรูปแบบโครโมโซมที่ใช้ในการลำดับปัญหา ขั้นตอนการคัดเลือกโครโมโซมเพื่อทำการมิวเตชั่นเป็นดังภาพประกอบ 3.12 ซึ่งเริ่มต้นจากกำหนดเลขสุ่ม (0-1) ให้กับแต่ละโครโมโซมที่ผ่านขั้นตอนการครอสโอเวอร์ ซึ่งได้แก่โครโมโซม 1, 4, 4 และ 2 มีค่าเลขสุ่ม 0.07, 0.34, 0.62 และ 0.91 ตามลำดับดังแสดงในตาราง 3.7 โดยโครโมโซมที่มีค่าเลขสุ่มน้อยกว่าค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นที่กำหนดไว้ คือ 0.2 จะถูกเลือกไปทำขั้นตอนมิวเตชั่นต่อไป ซึ่งจากตัวอย่างพบว่ามีเพียงโครโมโซม O1 เท่านั้นที่มีค่าเลขสุ่ม น้อยกว่า 0.2 คือมีค่า 0.07 ดังนั้นโครโมโซม O1 จึงถูกเลือกมาเพื่อทำการมิวเตชั่นต่อไป ส่วนโครโมโซมที่ไม่ถูกเลือกเพื่อทำการมิวเตชั่นได้แก่โครโมโซม O2, O3 และ O4 เนื่องจากมีค่าเลขสุ่ม 0.34, 0.62 และ 0.91 ตามลำดับซึ่งเป็นค่าที่มากกว่า 0.2 จากนั้นทำการการมิวเตชั่นโครโมโซมที่ถูกเลือกมา คือโครโมโซม O1 โดยการสุ่มตำแหน่งยีนย่อยภายในโครโมโซม O1 มา 2 ตำแหน่งแล้วทำการสลับที่

ค่าในตำแหน่งยีนที่สุ่มมาได้นั้น จะได้โครโมโซมตัวใหม่ที่ผ่านขั้นตอนการมิวเตชั่น ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการคัดเลือกโครโมโซมเพื่อทำการมิวเตชั่นแสดงได้ดังตาราง 3.7



ภาพประกอบ 3.12 ขั้นตอนการคัดเลือกโครโมโซมเพื่อทำการมิวเตชั่น

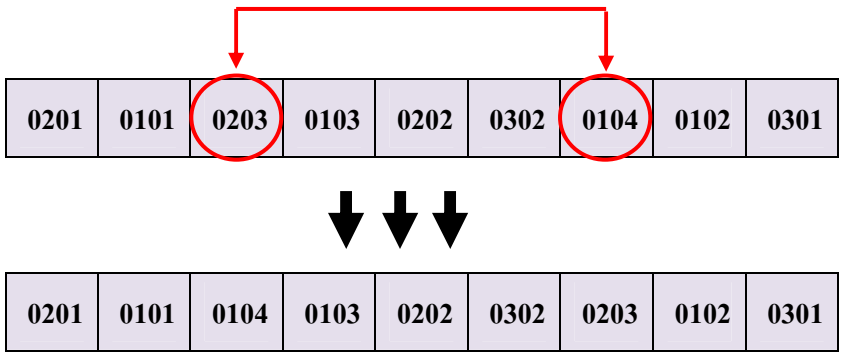
ตาราง 3.7 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการคัดเลือกโครโมโซมเพื่อทำการมิวเตชั่น

โครโมโซมลูกเบื้องต้น	**ตัวเลขสุ่ม**	**เลือกโครโมโซมที่ตัวเลขสุ่ม < %Pm (0.2)**
O1	0.07	☑
O2	0.34	☒
O3	0.62	☒
O4	0.91	☒

หมายเหตุ สัญลักษณ์ ☒ ไม่ถูกเลือกเพื่อทำการมิวเตชั่น

สัญลักษณ์ ☑ ถูกเลือกเพื่อทำการมิวเตชั่น

จากตาราง 3.7 พบว่าโครโมโซมลูกเบื้องต้น O1 ตัวแรกเท่านั้นที่มีโอกาสทำการมิวเตชั่นเนื่องจากมีค่าตัวเลขสุ่มต่ำกว่าค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นที่กำหนด คือมีค่าเลขสุ่มเท่ากับ 0.07 ซึ่งต่ำกว่าค่า 0.2 ดังนั้นโครโมโซม O1 จึงถูกเลือกมาเพื่อทำการมิวเตชั่นโดยใช้วิธีการมิวเตชั่นแบบ Two-point Swapping Mutation ดังแสดงตัวอย่างในภาพประกอบ 3.13



ภาพประกอบ 3.13 ตัวอย่างวิธีการมิวเตชั่นแบบ Two-point Swapping Mutation

จากภาพประกอบ 3.13 แสดงวิธีการมิวเตชั่นโดยสุ่มตำแหน่งยีนภายในโครโมโซม O1 มา 2 ตำแหน่ง และทำการสลับค่าของยีน 2 ตำแหน่งที่สุ่มมานั้น เช่น ตำแหน่งยีนที่สุ่มมา คือตำแหน่งที่ 3 และ 7 นั่น คือยีน 0203 และ 0104 ทำการสลับที่ยีนสองตำแหน่งนี้ จะได้โครโมโซมตัวใหม่ (New Offspring) ที่มียีนในตำแหน่งที่ 3 เปลี่ยนจากยีน 0203 เป็นยีน 0104 และยีนในตำแหน่งที่ 7 เปลี่ยนจากยีน 0104 เป็นยีน 0203 โครโมโซม O1 ที่ผ่านขั้นตอนการมิวเตชั่นแล้ว เป็นดังนี้

โครโมโซม 1** O1 0201 0101 0104 0103 0202 0302 0203 0102 0301

หมายเหตุ ** โครโมโซมที่ผ่านการมิวเตชั่นแล้ว

จากโครโมโซมที่ผ่านการครอสโอเวอร์มาแล้ว 4 โครโมโซม คือโครโมโซม 1*, 4*, 4* และ 2* พบว่ามี 1 โครโมโซมที่ถูกเลือกเพื่อทำการมิวเตชั่น คือโครโมโซม 1* เมื่อผ่านการมิวเตชั่นแล้วกลายเป็นโครโมโซม 1** ดังนั้นโครโมโซโซมที่ผ่านการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่นแล้วเป็นดังนี้

โครโมโซม 1** O1 0201 0101 0104 0103 0202 0302 0203 0102 0301

โครโมโซม 4* O2 0102 0301 0101 0302 0202 0203 0103 0201 0104

โครโมโซม 4* O3 0201 0103 0101 0302 0202 0104 0102 0203 0301

โครโมโซม 2* O4 0203 0104 0103 0201 0302 0101 0301 0202 0102

หมายเหตุ * โครโมโซมที่ผ่านการครอสโอเวอร์แล้ว

** โครโมโซมที่ผ่านการมิวเตชั่นแล้ว

จากชุดโครโมโซมเบื้องต้น 5 โครโมโซม คือโครโมโซม 3, 1, 4, 4 และ 2 พบว่ามี 4 โครโมโซมที่ผ่านการครอสโอเวอร์ คือโครโมโซม 1*, 4*, 4* และ 2* และจากโครโมโซมที่ผ่านการครอสโอเวอร์แล้วนี้มีเพียง 1 โครโมโซมที่ผ่านการมิวเตชั่น คือโครโมโซม 1** ดังนั้นโครโมโซมชุดใหม่ที่ได้นี้ คือโครโมโซม 3, 1**, 4*, 4* และ 2* ซึ่งจะเป็นโครโมโซมรุ่นแรกที่จะเข้าสู่กระบวนการเจเนติกอัลกอริทึมต่อไป

เปรียบเทียบรูปแบบโครโมโซมชุดเดิมที่ยังไม่ผ่านการครอสโอเวอร์ โครโมโซมชุดที่ผ่านการครอสโอเวอร์แล้ว และโครโมโซมชุดที่ผ่านการมิวเตชั่นแล้ว ได้ดังนี้

โครโมโซมชุดเดิม :

โครโมโซม 3 0301 0101 0103 0201 0104 0203 0302 0102 0202

โครโมโซม 1 0102 0301 0203 0103 0202 0302 0101 0201 0104

โครโมโซม 4 0201 0103 0101 0302 0202 0104 0102 0203 0301

โครโมโซม 4 0201 0103 0101 0302 0202 0104 0102 0203 0301

โครโมโซม 2 0203 0104 0103 0201 0302 0101 0301 0202 0102

โครโมโซมชุดที่ผ่านการครอสโอเวอร์ :

โครโมโซม 1* O1 0201 0101 0203 0103 0202 0302 0104 0102 0301

โครโมโซม 4* O2 0102 0301 0101 0302 0202 0203 0103 0201 0104

โครโมโซม 4* O3 0201 0103 0101 0302 0202 0104 0102 0203 0301

โครโมโซม 2* O4 0203 0104 0103 0201 0302 0101 0301 0202 0102

โครโมโซมชุดที่ผ่านการมิวเตชั่น

โครโมโซม 1** O1 0201 0101 0104 0103 0202 0302 0203 0102 0301

ดังนั้นชุดโครโมโซมรุ่นแรกที่ผ่านขั้นตอนการครอสโอเวอร์และมิวเตชั่นแล้ว เป็นดังนี้

โครโมโซม 3		0301 0101 0103 0201 0104 0203 0302 0102 0202
โครโมโซม 1**	O1	0201 0101 0104 0103 0202 0302 0203 0102 0301
โครโมโซม 4*	O2	0102 0301 0101 0302 0202 0203 0103 0201 0104
โครโมโซม 4*	O3	0201 0103 0101 0302 0202 0104 0102 0203 0301
โครโมโซม 2*	O4	0203 0104 0103 0201 0302 0101 0301 0202 0102

นำชุดโครโมโซมรุ่นแรกนี้เข้าสู่กระบวนการเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับสร้างชุดโครโมโซมรุ่นถัดไปเพื่อค้นหาโครโมโซมที่เหมาะสมที่สุดตามวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึม ทำไปเรื่อย ๆ จนครบตามจำนวนรุ่นที่กำหนดแล้วจึงหยุดการค้นหา

3.3.5 การหยุดการค้นหา

กลไกการทำงานของวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมจะเริ่มต้นด้วยการสุ่มจำนวนประชากรของคำตอบเริ่มต้นขึ้นมาซึ่งการกำหนดจำนวนประชากรในแต่ละรุ่นจะมีผลในการหาคำตอบที่น่าพึงพอใจที่สุด จากนั้นต้องกำหนดจำนวนรุ่นว่าจะให้กลไกทำงานไปเรื่อย ๆ จนได้จำนวนประชากรเท่ากับที่ต้องการหรือจนกว่าจะได้คำตอบที่ดีที่สุดหรือคำตอบที่ยอมรับได้สำหรับปัญหานั้น ๆ ความมากน้อยของจำนวนรุ่นมีผลเหมือนกับค่าจำนวนประชากรในแต่ละรุ่น เมื่อโปรแกรมกำเนิดได้จำนวนรุ่นที่ต้องการแล้วก็จะค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดจากที่มีการสำรวจมาทั้งหมดและหยุดการค้นหาซึ่งเป็นอันเสร็จสิ้นขั้นตอนเจเนติกอัลกอริทึม

3.3.6 โปรแกรมซ่อมแซมคำตอบ (Repairing)

เนื่องจากคำตอบที่ได้จากการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา อาจได้คำตอบที่เป็นไปไม่ได้หรือได้คำตอบที่ไม่ตรงกับเงื่อนไขของปัญหา ในที่นี้คือลำดับของชิ้นส่วนไม่เป็นไปตามเงื่อนไข นั่นคือลำดับของชิ้นส่วนที่เกิดจากการประกอบมาก่อนลำดับชิ้นส่วนย่อย ดังนั้นจึงต้องมีขั้นตอนการซ่อมแซมคำตอบเพิ่มขึ้นมาเพื่อปรับปรุงหรือแปลงคำตอบที่ได้ให้เป็นคำตอบที่เป็นไปได้และเหมาะสมกับปัญหา โปรแกรมการซ่อมแซมคำตอบที่ออกแบบขึ้นในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคำตอบที่ได้ให้เป็นคำตอบที่เป็นไปได้สำหรับปัญหาการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราโดยการแปลงลำดับการผลิตชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ให้ตรงตามเงื่อนไข เนื่องจากการผลิตเฟอร์นิเจอร์มีเงื่อนไขที่สำคัญในการผลิตคือ ชิ้นส่วนที่เกิดจากการ

ประกอบ จะสามารถประกอบได้ก็ต่อเมื่อชิ้นส่วนย่อยที่จะนำมาประกอบต้องผลิตเสร็จก่อน นั่นคือโปรแกรมซ่อมแซมคำตอบจะต้องทำหน้าที่ตรวจสอบลำดับการผลิตชิ้นส่วนว่าลำดับเป็นไปได้หรือไม่ โดยจะประยุกต์ใช้โปรแกรมซ่อมแซมคำตอบในสองส่วนของวิธีการเจเนติกอัลกอริทึม คือ หลังจากขั้นตอนการหาคำตอบเบื้องต้น และหลังจากขั้นตอนการมิวเตชั่น ซึ่งจะทำให้ได้คำตอบที่ตรงตามเงื่อนไขของปัญหานี้ และสามารถนำไปสู่กระบวนการต่อ ๆ ไปของการค้นหาแบบวิธีการเจเนติกอัลกอริทึม

หลักการที่ใช้ในการออกแบบโปรแกรมซ่อมแซมคำตอบคือ จะมีการระบุจำนวนชิ้นส่วนย่อยของชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์แต่ละชิ้นว่ามีชิ้นส่วนย่อยเท่าไร และประกอบด้วยชิ้นส่วนย่อยใดบ้าง เช่น ชิ้นส่วน A4 มีชิ้นส่วนย่อย คือ A1, A2 และ A3 หมายความว่าชิ้นส่วน A4 จะทำการผลิตก่อนหรือมีลำดับก่อนหน้าชิ้นส่วน A1, A2 และ A3 ไม่ได้ ชิ้นส่วน B3 มีชิ้นส่วนย่อย คือ B1 และ B2 หมายความว่าชิ้นส่วน B3 จะทำก่อนชิ้นส่วน B1 และ B2 ไม่ได้ ชิ้นส่วน C2 มีชิ้นส่วนย่อย คือ C1 หมายความว่าจะทำชิ้นส่วน C2 ก่อนชิ้นส่วน C1 ไม่ได้ เป็นต้น โดยโปรแกรมจะทำการตรวจสอบลำดับตำแหน่งของชิ้นส่วนหรือตำแหน่งยืนให้ลำดับของชิ้นส่วนย่อยมาก่อนหน้าชิ้นส่วนที่เกิดจากการประกอบนั้น ๆ เช่น ให้ชิ้นส่วนย่อย A1, A2 และ A3 มาก่อนลำดับชิ้นส่วน A4 เป็นต้น โดยพิจารณาภายใต้ลำดับการผลิตเดิมที่ได้จากกระบวนการของเจเนติกอัลกอริทึม ตัวอย่างข้อมูลชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ที่มีชิ้นส่วนย่อยแสดงได้ดังตาราง 3.8

ตาราง 3.8 ตัวอย่างชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ที่มีชิ้นส่วนย่อย

ชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์	**ชิ้นส่วนย่อย**		
	1	**2**	**3**
A4	A1	A2	A3
B3	B1	B2	
C2	C1		

ตัวอย่างวิธีการซ่อมแซมคำตอบโดยใช้ตัวอย่างโครโมโซมที่ได้จากขั้นตอนการมิวเตชั่น คือ โครโมโซม 1** ดังนี้

โครโมโซม 1** O1 0201 0101 0104 0103 0202 0302 0203 0102 0301

ทำการซ่อมแซมคำตอบโดยพิจารณายีนในโครโมโซมทีละยีนว่าเป็นไปตามเงื่อนไขในตาราง 3.8 หรือไม่ โดยแปลงรหัสยีนให้เป็นชื่อชิ้นส่วน ได้ดังนี้

โครโมโซม 1** B1 A1 A4 A3 B2 C2 B3 A2 C1

จากนั้นจึงทำการซ่อมแซมคำตอบโดยเริ่มจากการนำยีนในโครโมโซมมาตรวจสอบว่ามีชิ้นส่วนย่อยหรือไม่ เช่น นำชิ้นส่วน B1 มาตรวจสอบในตาราง 3.8 ว่ามีชิ้นส่วนย่อยหรือไม่ ถ้าไม่มีแสดงว่าชิ้นส่วน B1 สามารถอยู่ในลำดับหรือตำแหน่งนี้ได้ จากนั้นจึงไปพิจารณายีนถัดไป คือชิ้นส่วน A1 ทำการตรวจสอบเช่นเดียวกับชิ้นส่วน B1 พบว่าชิ้นส่วน A1 ก็ไม่มีชิ้นส่วนย่อยเช่นเดียวกันจึงสามารถอยู่ในตำแหน่งนี้ได้เช่นเดียวกัน พิจารณายีนถัดไป คือ A4 พบว่ามีชิ้นส่วนย่อย คือ A1, A2 และ A3 จากนั้นจึงตรวจสอบว่าชิ้นส่วนก่อนหน้ามีชิ้นส่วนย่อยนี้หรือยัง ซึ่งพบว่ามี A1 เพียงชิ้นเดียวซึ่งยังไม่ครบตามจำนวนชิ้นส่วนย่อย ดังนั้นให้ชิ้นส่วน A4 อยู่ ณ ตำแหน่งนี้ไม่ได้จึงต้องพิจารณายีนถัดไปอีก เช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนมีชิ้นส่วนย่อยครบจึงสามารถให้ชิ้นส่วน A4 อยู่ ณ ตำแหน่งสุดท้ายของชิ้นส่วนย่อยของมัน ซึ่งจากตัวอย่าง ชิ้นส่วน A4 สามารถอยู่ได้หลังจากชิ้นส่วน A2 ซึ่งเป็นชิ้นส่วนย่อยสุดท้ายมัน กรณีชิ้นส่วนอื่น ๆ ก็พิจารณาเช่นเดียวกันนี้ ซึ่งจากโครโมโซมตัวอย่างเมื่อทำการซ่อมแซมคำตอบแล้วจะได้ลำดับโครโมโซมใหม่ดังนี้

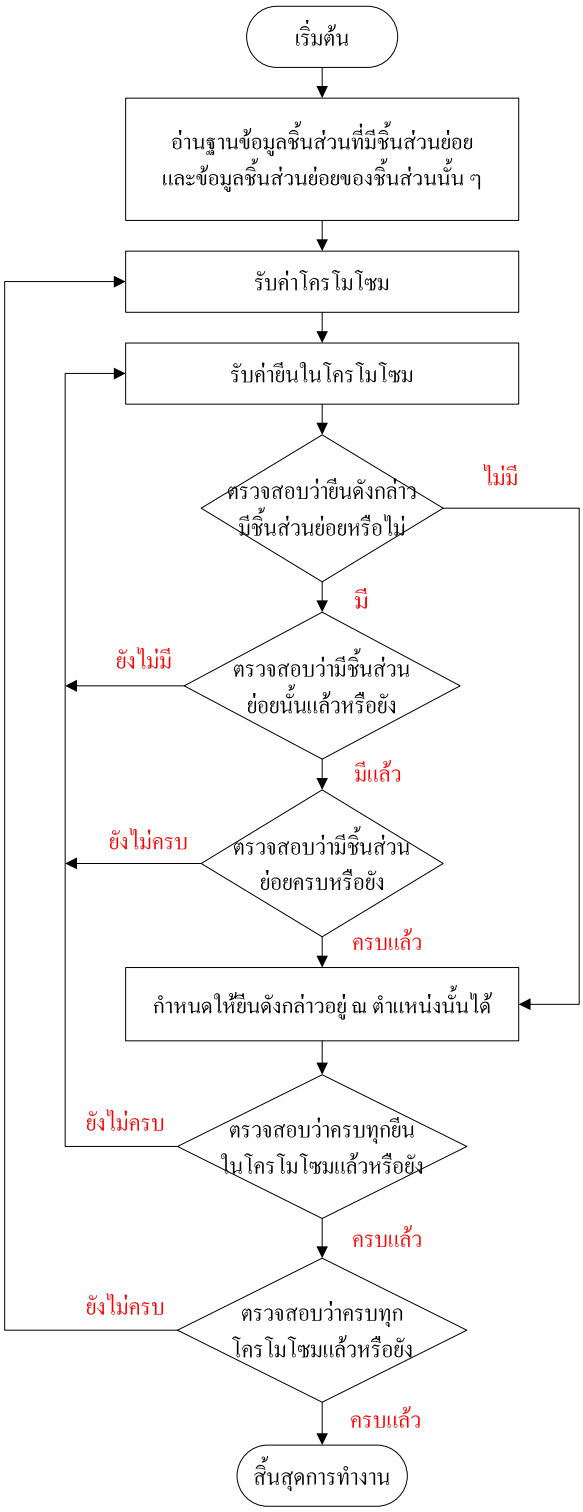
โครโมโซม 1** B1 A1 A4 A3 B2 C2 B3 A2 C1

โครโมโซม 1*** B1 A1 A3 B2 B3 A2 A4 C1 C2

หมายเหตุ *** โครโมโซมที่ผ่านการซ่อมแซมคำตอบแล้ว

เมื่อตรวจสอบลำดับชิ้นส่วนในโครโมโซมที่ผ่านการซ่อมแซมคำตอบแล้วพบว่าลำดับที่ได้เป็นไปตามเงื่อนไขของลำดับชิ้นส่วนก่อนหลัง เช่น ชิ้นส่วน A4 มีชิ้นส่วน A1, A2 และ A3 ก่อนหน้า ชิ้นส่วน B3 มีชิ้นส่วน B1 และ B2 ก่อนหน้า ชิ้นส่วน C2 มีชิ้นส่วน C1 ก่อนหน้า โดยการซ่อมแซมคำตอบนี้จะอ้างอิงจากลำดับเดิมของโครโมโซมที่พิจารณาเป็นหลักและพิจารณาเฉพาะชิ้นส่วนที่มีชิ้นส่วนย่อยเพื่อให้ได้ลำดับที่เป็นไปตามเงื่อนไขการผลิตก่อนหลังนั่นเอง โดยในงานวิจัยนี้จะทำการซ่อมแซมคำตอบในส่วนของการสุ่มประชากรเบื้องต้น และส่วนของโครโมโซมที่ผ่านการมิวเตชั่นแล้วเพื่อให้ได้คำตอบที่ตรงตามเงื่อนไขในการผลิต

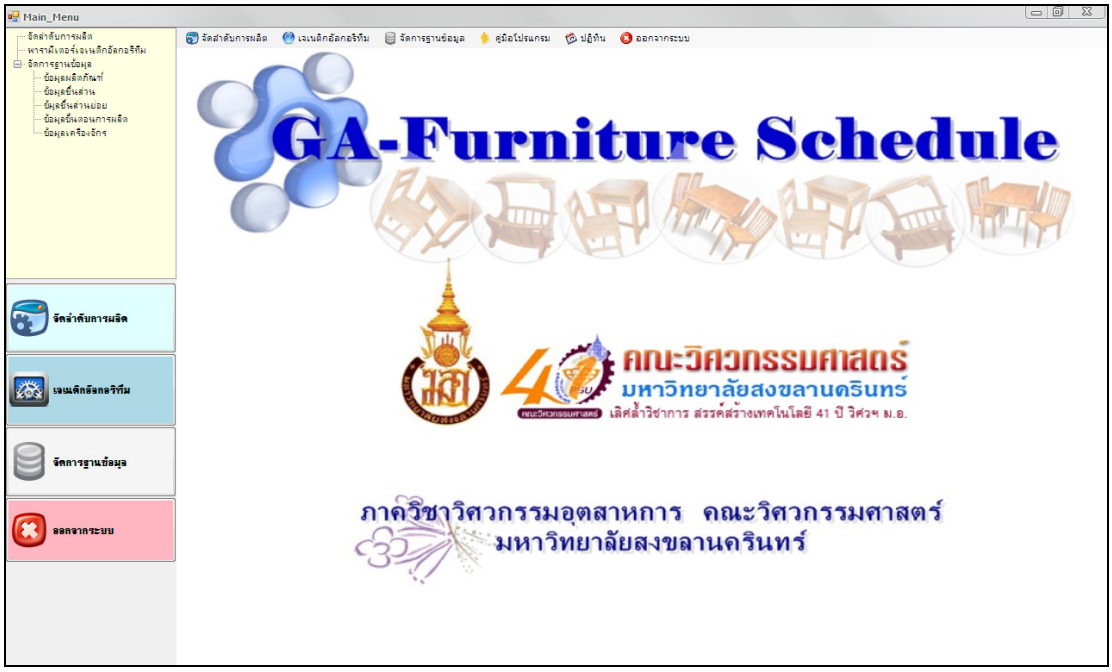
ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในส่วนของการซ่อมแซมคำตอบเป็นดังภาพประกอบ 3.14



ภาพประกอบ 3.14 ขั้นตอนทำงานของโปรแกรมในส่วนของการซ่อมแซมคำตอบ

3.4 ลักษณะโปรแกรมจัดลำดับการผลิตที่พัฒนาขึ้น

ลักษณะโปรแกรมจัดลำดับการผลิตที่พัฒนาขึ้นแสดงได้ดังภาพประกอบ 3.15 ซึ่งเป็นหน้าจอแรกของโปรแกรมซึ่งประกอบด้วยเมนูหลัก 3 เมนู เพื่อเข้าสู่ส่วนต่าง ๆ ของโปรแกรม คือ เมนูจัดการฐานข้อมูล เมนูจัดลำดับการผลิต และเมนูเจเนติกอัลกอริทึม ซึ่งเมนูหลักที่จะใช้ในการป้อนข้อมูลเพื่อประมวลผลโปรแกรม คือ เมนูจัดลำดับการผลิตโดยจะต้องมีการป้อนข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิตลงในฐานข้อมูลก่อนด้วยเมนูจัดการฐานข้อมูล ส่วนเมนูเจเนติกอัลกอริทึมจะเป็นการกำหนดค่าพารามิเตอร์เจเนติกอัลกอริทึมที่เหมาะสมในการประมวลผลโปรแกรม ซึ่งโปรแกรมได้กำหนดค่าเริ่มต้นไว้แล้ว

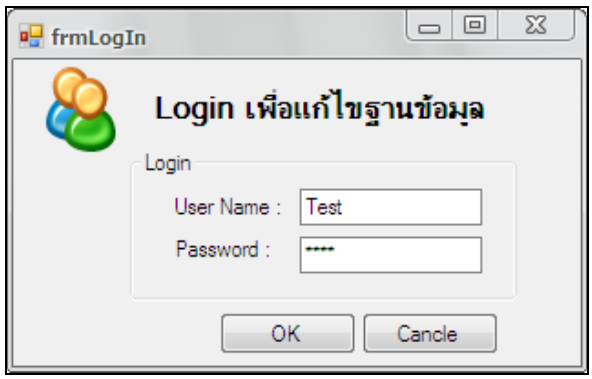


ภาพประกอบ 3.15 ลักษณะโปรแกรมจัดลำดับการผลิตที่พัฒนาขึ้น

จากภาพประกอบ 3.15 แสดงหน้าจอแรกของโปรแกรมจัดลำดับการผลิตที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วยเมนูหลัก 3 เมนู เพื่อเข้าสู่ส่วนต่าง ๆ ของโปรแกรม คือ เมนูจัดการฐานข้อมูล เมนูจัดลำดับการผลิต และเมนูเจเนติกอัลกอริทึม ดังนี้

3.4.1 เมนูจัดการฐานข้อมูล

เมื่อผู้ใช้เลือกเมนูนี้จะปรากฏหน้าจอ Login เพื่อให้ผู้มีหน้าที่จัดการข้อมูลส่วนนี้เท่านั้นที่สามารถป้อน หรือแก้ไขข้อมูลได้ เนื่องจากเป็นข้อมูลรายละเอียดทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ที่จะป้อนเข้าสู่โปรแกรมเพื่อจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูล หน้าจอ Login สำหรับจัดการฐานข้อมูลแสดงได้ดังภาพประกอบ 3.16



ภาพประกอบ 3.16 หน้าจอ Login สำหรับจัดการฐานข้อมูล

เมนูจัดการฐานข้อมูลเป็นส่วนของโปรแกรมที่ทำหน้าที่กำหนดข้อมูลที่จำเป็นทั้งหมดในการจัดลำดับการผลิตเพื่อเก็บไว้ในฐานข้อมูลสำหรับเรียกไปใช้ในการประมวลผลของโปรแกรม ข้อมูลป้อนเข้าสำหรับเมนูจัดการฐานข้อมูลนี้ประกอบด้วยข้อมูลผลิตภัณฑ์ ชิ้นส่วน ชิ้นส่วนย่อย ขั้นตอนการผลิต และเครื่องจักร ดังแสดงในตาราง 3.9

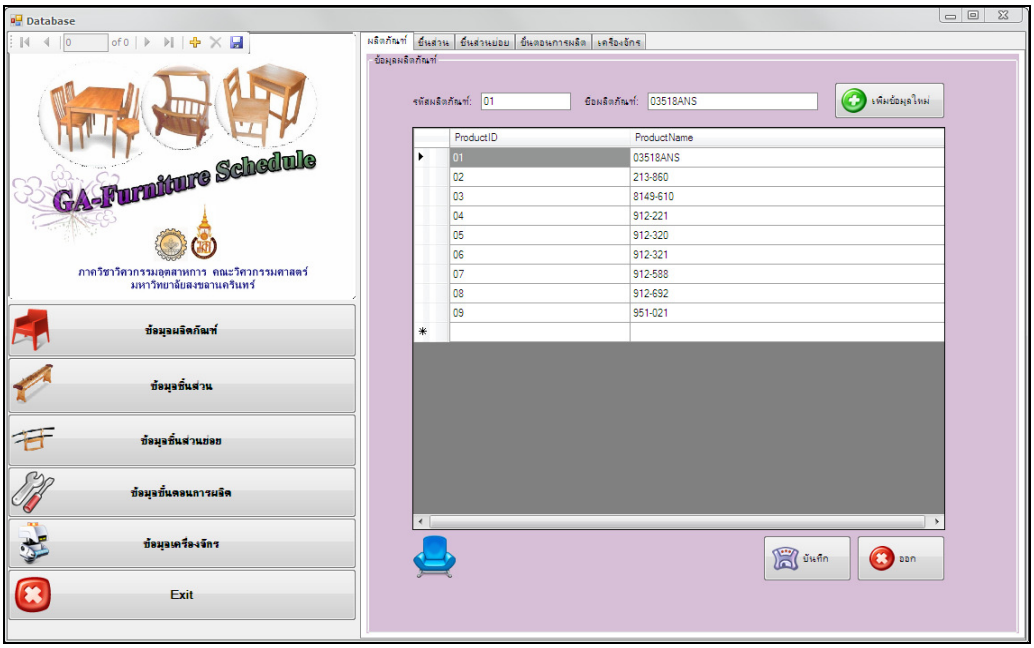
ตาราง 3.9 ข้อมูลป้อนเข้าสำหรับฐานข้อมูล

ข้อมูลป้อนเข้า	รายละเอียดข้อมูลป้อนเข้า
ข้อมูลผลิตภัณฑ์	รหัสผลิตภัณฑ์ ชื่อผลิตภัณฑ์
ข้อมูลชิ้นส่วน	รหัสชิ้นส่วน ชื่อชิ้นส่วน จำนวนชิ้น/ผลิตภัณฑ์ รหัสผลิตภัณฑ์, จำนวนชิ้นส่วนย่อย จำนวนขั้นตอนการผลิต
ข้อมูลชิ้นส่วนย่อย	รหัสชิ้นส่วน รหัสชิ้นส่วนย่อย
ข้อมูลขั้นตอนการผลิต	รหัสขั้นตอน ลำดับขั้นตอน รหัสชิ้นส่วน ชื่อขั้นตอน เวลาปรับตั้งเครื่องจักร เวลาในการผลิต รหัสกลุ่มเครื่องจักร
ข้อมูลเครื่องจักร	รหัสกลุ่มเครื่องจักร รหัสเครื่องจักร ชื่อเครื่องจักร

ขั้นตอนการใช้งานเมนูจัดการฐานข้อมูล

(1) ป้อนข้อมูล User Name และ Password

(2) กดปุ่ม “OK” เพื่อเข้าสู่เมนูจัดการฐานข้อมูล ดังภาพประกอบ 3.17



ภาพประกอบ 3.17 เมนูจัดการฐานข้อมูล

จากภาพประกอบ 3.17 แสดงหน้าจอแรกเมื่อเข้าสู่เมนูจัดการฐานข้อมูล จะมีเมนูย่อย 6 เมนู ซึ่งประกอบด้วยหน้าจอการป้อนข้อมูลต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิต ได้แก่ ข้อมูลผลิตภัณฑ์ ชิ้นส่วน ชิ้นส่วนย่อย ขั้นตอนการผลิต และข้อมูลเครื่องจักร ดังนี้

3.4.1.1 *หน้าจอข้อมูลผลิตภัณฑ์* (ภาพประกอบ 3.18)

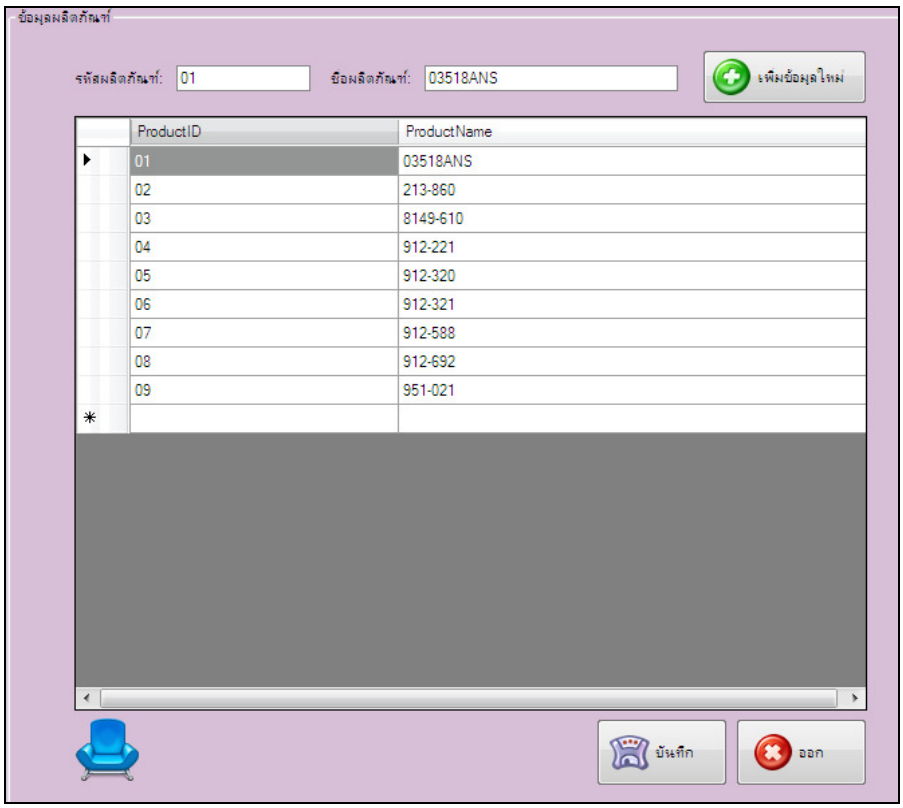
ขั้นตอนการใช้งาน

(1) ป้อนข้อมูลรหัสผลิตภัณฑ์

(2) ป้อนข้อมูลชื่อผลิตภัณฑ์

(3) กดปุ่ม “เพิ่มข้อมูลใหม่” เพื่อเพิ่มข้อมูลเข้าไปในรายชื่อสำหรับจัดเก็บลงฐานข้อมูล

(4) กดปุ่ม “บันทึก” เพื่อบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล



ภาพประกอบ 3.18 หน้าจอข้อมูลผลิตภัณฑ์

3.4.1.2 *หน้าจอข้อมูลชิ้นส่วน* (ภาพประกอบ 3.19)

ขั้นตอนการใช้งาน

(1) ป้อนข้อมูลรหัสชิ้นส่วน

(2) ป้อนข้อมูลชื่อชิ้นส่วน

(3) ป้อนข้อมูลรหัสผลิตภัณฑ์

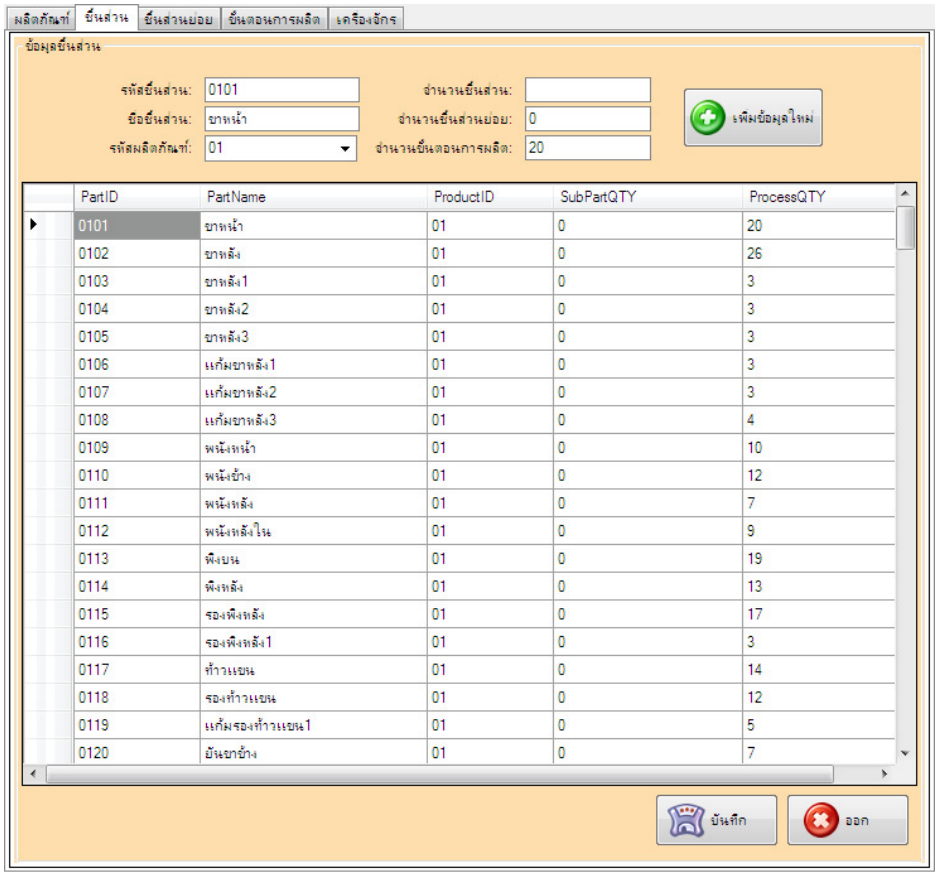
(4) ป้อนข้อมูลจำนวนชิ้นส่วน

(5) ป้อนข้อมูลจำนวนชิ้นส่วนย่อย

(6) ป้อนข้อมูลจำนวนขั้นตอนการผลิต

(7) กดปุ่ม “เพิ่มข้อมูลใหม่” เพื่อเพิ่มข้อมูลเข้าไปในรายชื่อสำหรับจัดเก็บลงฐานข้อมูล

(8) กดปุ่ม “บันทึก” เพื่อบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล



ภาพประกอบ 3.19 หน้าจอข้อมูลชิ้นส่วน

3.4.1.3 *หน้าจอข้อมูลชิ้นส่วนย่อย* (ภาพประกอบ 3.20)

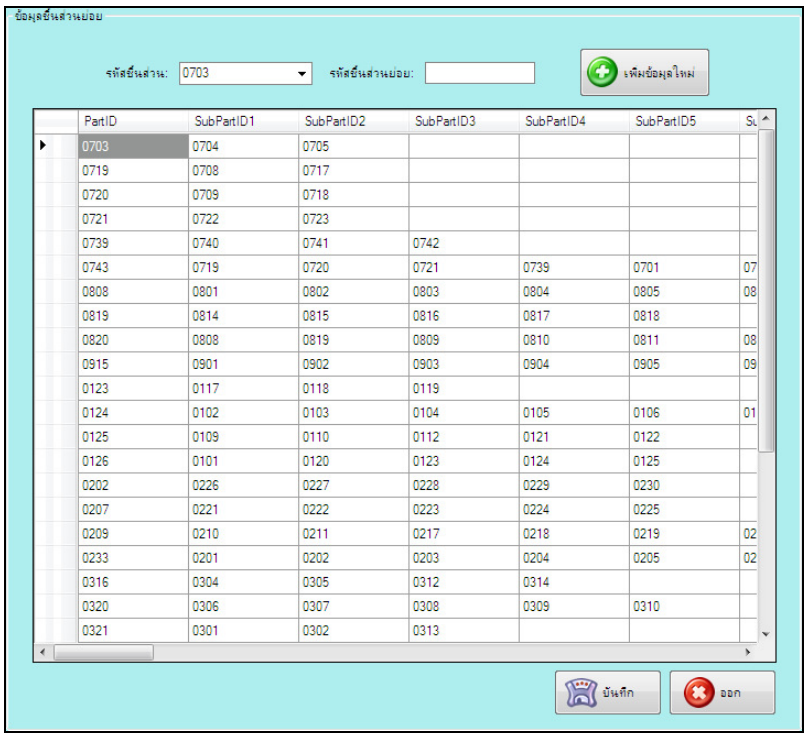
ขั้นตอนการใช้งาน

(1) ป้อนข้อมูลรหัสชิ้นส่วน

(2) ป้อนข้อมูลรหัสชิ้นส่วนย่อย

(3) กดปุ่ม “เพิ่มข้อมูลใหม่” เพื่อเพิ่มข้อมูลเข้าไปในรายชื่อสำหรับจัดเก็บลงฐานข้อมูล

(4) กดปุ่ม “บันทึก” เพื่อบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล



ภาพประกอบ 3.20 หน้าจอข้อมูลชิ้นส่วนย่อย

3.4.1.4 *หน้าจอข้อมูลขั้นตอนการผลิต* (ภาพประกอบ 3.21)

ขั้นตอนการใช้งาน

(1) ป้อนข้อมูลรหัสขั้นตอนการผลิต

(2) ป้อนข้อมูลชื่อขั้นตอนการผลิต

(3) ป้อนข้อมูลลำดับขั้นตอน

(4) ป้อนข้อมูลรหัสชิ้นส่วน

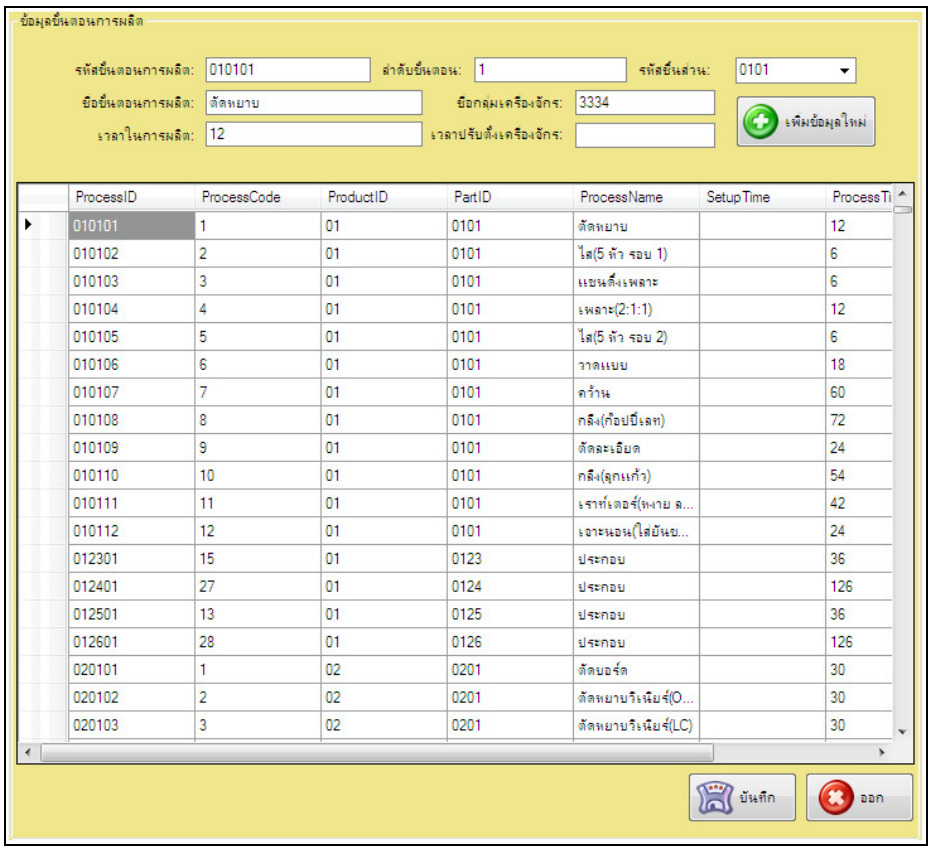
(5) ป้อนข้อมูลเวลาในการผลิต

(6) ป้อนข้อมูลเวลาปรับตั้งเครื่องจักร

(7) ป้อนข้อมูลรหัสกลุ่มเครื่องจักร

(8) กดปุ่ม “เพิ่มข้อมูลใหม่” เพื่อเพิ่มข้อมูลลงไปในรายชื่อสำหรับจัดเก็บลงฐานข้อมูล

(9) กดปุ่ม “บันทึก” เพื่อบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล



ภาพประกอบ 3.21 หน้าจอข้อมูลขั้นตอนการผลิต

3.4.1.5 *หน้าจอข้อมูลเครื่องจักร* (ภาพประกอบ 3.22)

ขั้นตอนการใช้งาน

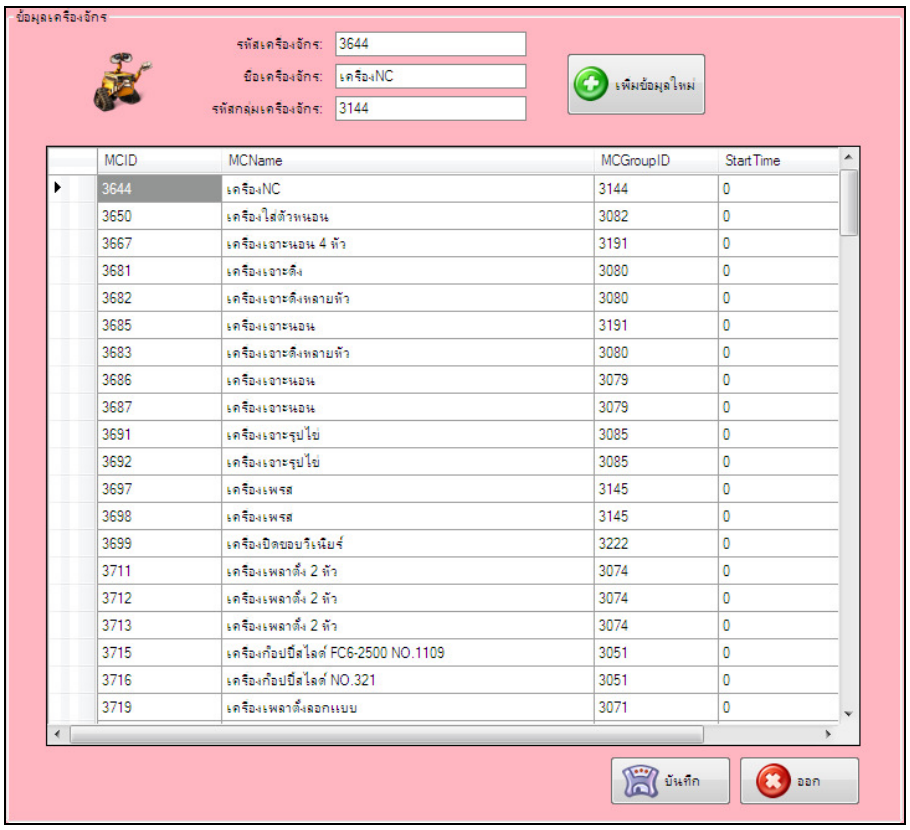
(1) ป้อนข้อมูลรหัสเครื่องจักร

(2) ป้อนข้อมูลชื่อเครื่องจักร

(3) ป้อนข้อมูลรหัสกลุ่มเครื่องจักร

(4) กดปุ่ม “เพิ่มข้อมูลใหม่” เพื่อเพิ่มข้อมูลลงไปในรายชื่อสำหรับจัดเก็บลงฐานข้อมูล

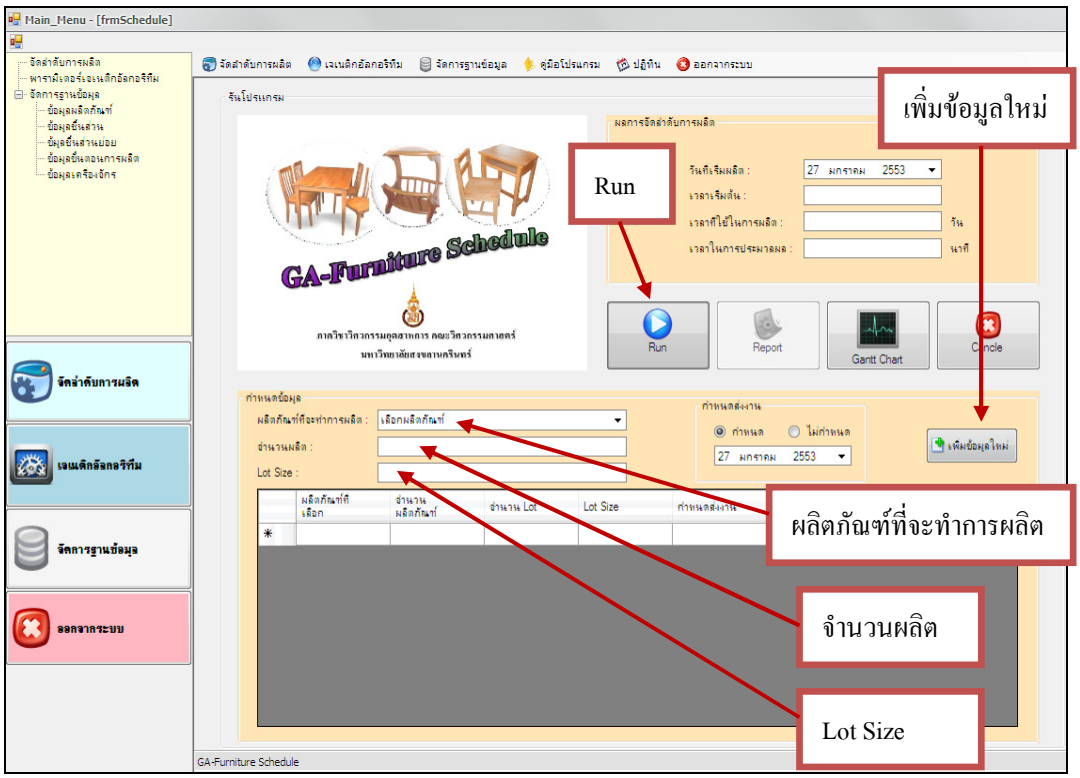
(5) กดปุ่ม “บันทึก” เพื่อบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล



ภาพประกอบ 3.22 หน้าจอข้อมูลเครื่องจักร

3.4.2 เมนูจัดลำดับการผลิต

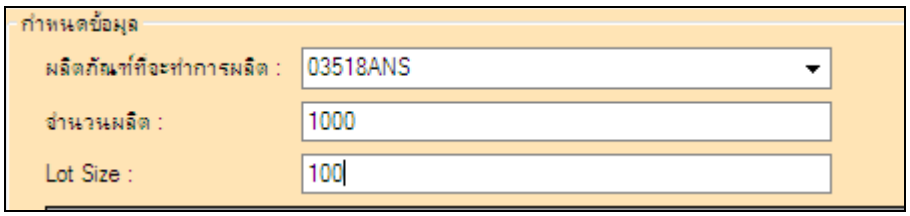
เมื่อผู้ใช้เลือกเมนูนี้จะปรากฏหน้าจอจัดลำดับการผลิตดังภาพประกอบ 3.23 ซึ่งเป็นหน้าจอที่รับที่จำเป็นสำหรับจัดลำดับการผลิตโดยผู้ใช้หรือผู้วางแผนการผลิต ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงทุกครั้งที่จะจัดลำดับการผลิต โดยโปรแกรมจะรับข้อมูลส่วนนี้เพื่อไปดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลมาทำการประมวลผลหาคำตอบ ข้อมูลสำหรับจัดลำดับการผลิต ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผลิต จำนวนผลิต และ ขนาดหน่วยผลิตภัณฑ์ (Lot Size) เมื่อผู้ใช้ป้อนข้อมูลดังกล่าวแล้วให้เลือกปุ่มเพิ่มข้อมูลใหม่เพื่อเพิ่มข้อมูลดังกล่าวเข้าไปในรายชื่อผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิต โดยผู้ใช้สามารถเลือกผลิตภัณฑ์ได้ตามต้องการจากนั้นจึงเลือกปุ่ม Run เพื่อประมวลผลโปรแกรม



ภาพประกอบ 3.23 หน้าจอจัดลำดับการผลิต

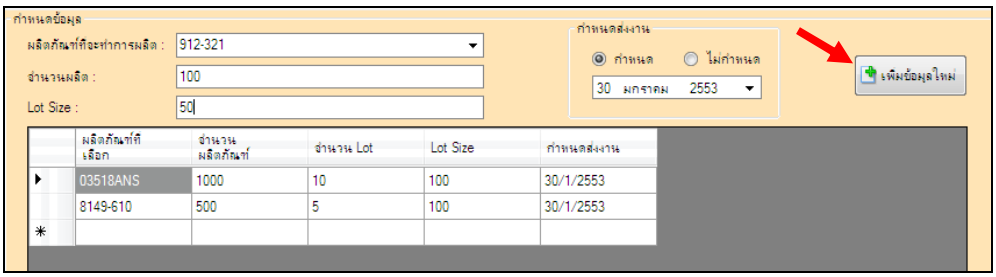
ขั้นตอนการใช้งานเมนูจัดลำดับการผลิต

(1) ป้อนข้อมูลผลิตภัณฑ์ จำนวนผลิต และ Lot Size ดังภาพประกอบ 3.24



ภาพประกอบ 3.24 หน้าจอส่วนป้อนข้อมูลผลิตภัณฑ์

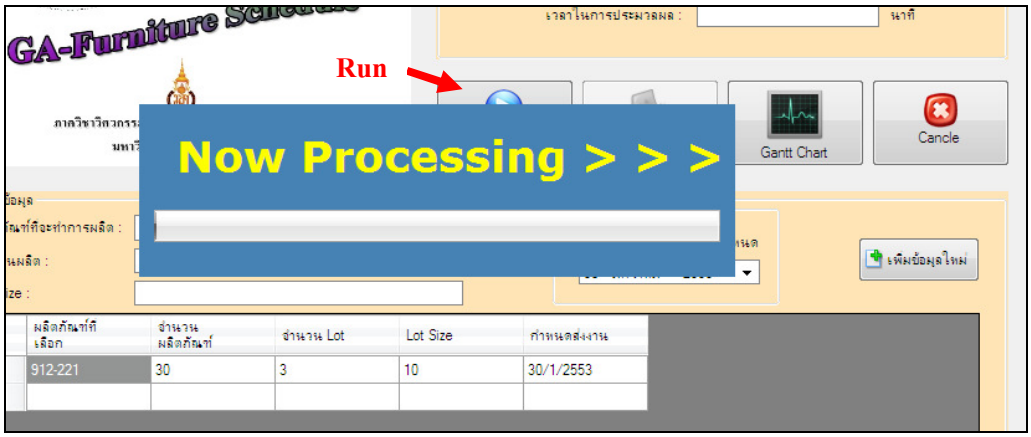
(2) กดปุ่ม “เพิ่มข้อมูลใหม่” เพื่อเพิ่มข้อมูลเข้าไปในรายชื่อผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิตดังภาพประกอบ 3.25



ภาพประกอบ 3.25 หน้าจอกดปุ่ม “เพิ่มข้อมูลใหม่”

เมื่อทำการเลือกผลิตภัณฑ์ที่จะจัดลำดับการผลิตเสร็จแล้วก็จะทำการประมวลผลโดยกดปุ่ม “Run”

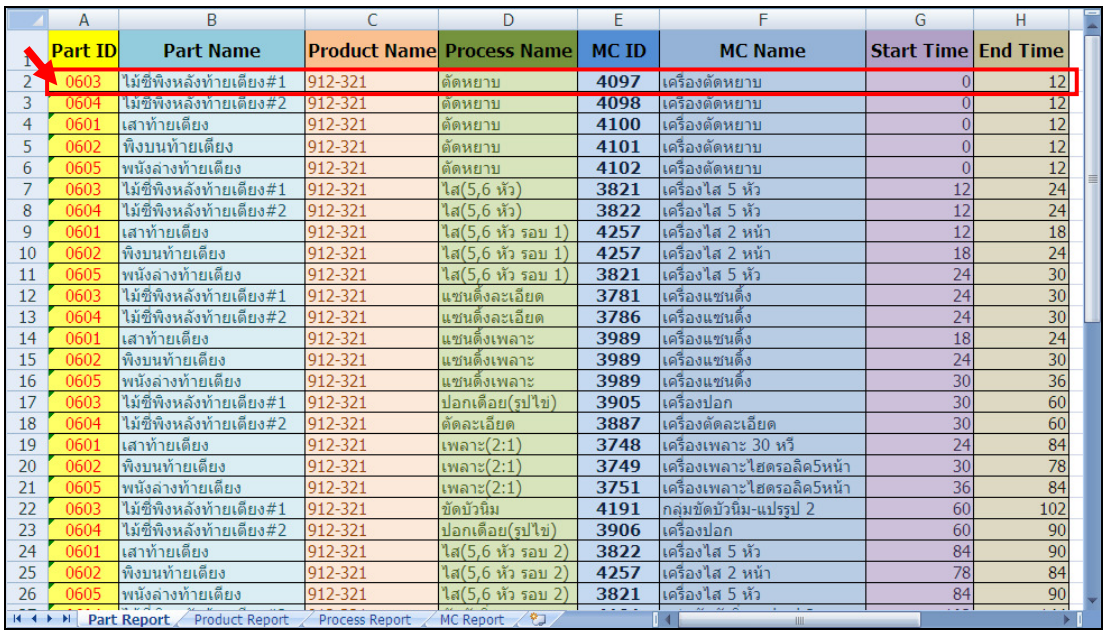
(3) กดปุ่ม “Run” เพื่อประมวลผลโปรแกรมดังภาพประกอบ 3.26



ภาพประกอบ 3.26 หน้าจอกดปุ่ม “Run”

เมื่อประมวลผลโปรแกรมเสร็จแล้ว สามารถเรียกดูผลลัพธ์ข้อมูลลำดับการผลิตที่ได้ในไฟล์ Excel โดยการกดปุ่ม “Report”

(4) กดปุ่ม “Report” เพื่อดูรายละเอียดลำดับการผลิตที่ได้จากการประมวลผลโปรแกรมดังภาพประกอบ 3.27



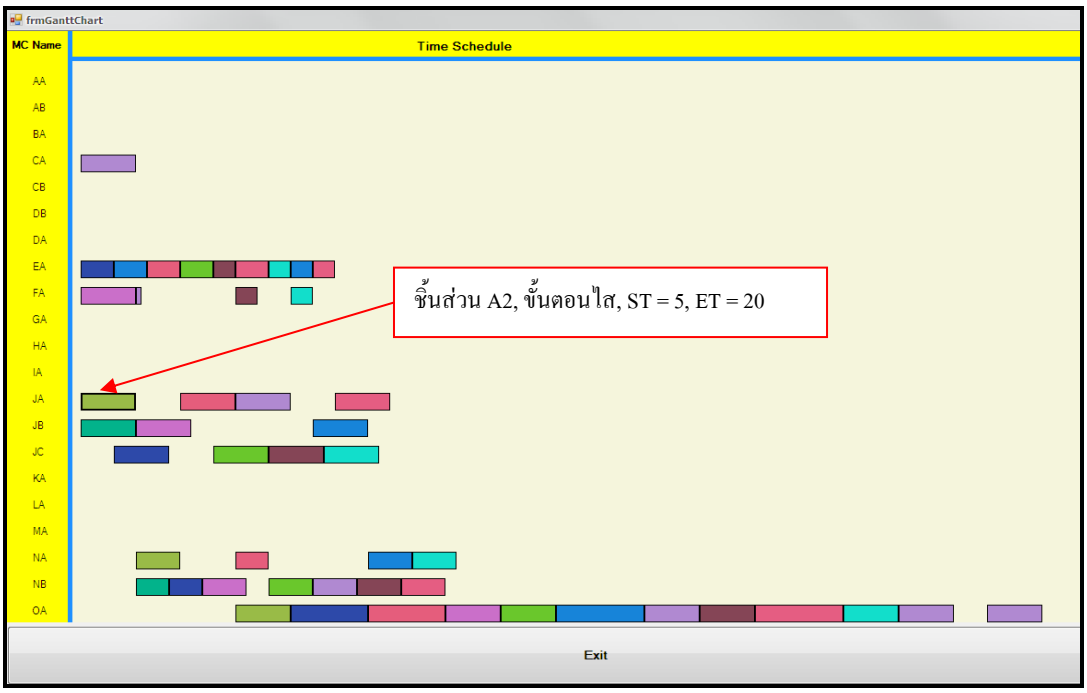
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Part ID	Part Name	Product Name	Process Name	MC ID	MC Name	Start Time	End Time
2	0603	ไม้ซี่พิงหลังท้ายเตียง#1	912-321	ตัดหยาบ	4097	เครื่องตัดหยาบ	0	12
3	0604	ไม้ซี่พิงหลังท้ายเตียง#2	912-321	ตัดหยาบ	4098	เครื่องตัดหยาบ	0	12
4	0601	เสาท้ายเตียง	912-321	ตัดหยาบ	4100	เครื่องตัดหยาบ	0	12
5	0602	พิงบนท้ายเตียง	912-321	ตัดหยาบ	4101	เครื่องตัดหยาบ	0	12
6	0605	พนังล่างท้ายเตียง	912-321	ตัดหยาบ	4102	เครื่องตัดหยาบ	0	12
7	0603	ไม้ซี่พิงหลังท้ายเตียง#1	912-321	ไส(5,6 หัว)	3821	เครื่องไส 5 หัว	12	24
8	0604	ไม้ซี่พิงหลังท้ายเตียง#2	912-321	ไส(5,6 หัว)	3822	เครื่องไส 5 หัว	12	24
9	0601	เสาท้ายเตียง	912-321	ไส(5,6 หัว รอบ 1)	4257	เครื่องไส 2 หน้า	12	18
10	0602	พิงบนท้ายเตียง	912-321	ไส(5,6 หัว รอบ 1)	4257	เครื่องไส 2 หน้า	18	24
11	0605	พนังล่างท้ายเตียง	912-321	ไส(5,6 หัว รอบ 1)	3821	เครื่องไส 5 หัว	24	30
12	0603	ไม้ซี่พิงหลังท้ายเตียง#1	912-321	แซนดิ้งละเอียด	3781	เครื่องแซนดิ้ง	24	30
13	0604	ไม้ซี่พิงหลังท้ายเตียง#2	912-321	แซนดิ้งละเอียด	3786	เครื่องแซนดิ้ง	24	30
14	0601	เสาท้ายเตียง	912-321	แซนดิ้งเพลาะ	3989	เครื่องแซนดิ้ง	18	24
15	0602	พิงบนท้ายเตียง	912-321	แซนดิ้งเพลาะ	3989	เครื่องแซนดิ้ง	24	30
16	0605	พนังล่างท้ายเตียง	912-321	แซนดิ้งเพลาะ	3989	เครื่องแซนดิ้ง	30	36
17	0603	ไม้ซี่พิงหลังท้ายเตียง#1	912-321	ปอกเดือย(รูปไข่)	3905	เครื่องปอก	30	60
18	0604	ไม้ซี่พิงหลังท้ายเตียง#2	912-321	ตัดละเอียด	3887	เครื่องตัดละเอียด	30	60
19	0601	เสาท้ายเตียง	912-321	เพลาะ(2:1)	3748	เครื่องเพลาะ 30 หวี	24	84
20	0602	พิงบนท้ายเตียง	912-321	เพลาะ(2:1)	3749	เครื่องเพลาะไฮดรอลิค5หน้า	30	78
21	0605	พนังล่างท้ายเตียง	912-321	เพลาะ(2:1)	3751	เครื่องเพลาะไฮดรอลิค5หน้า	36	84
22	0603	ไม้ซี่พิงหลังท้ายเตียง#1	912-321	ขัดบัวนิม	4191	กลุ่มขัดบัวนิม-แปรรูป 2	60	102
23	0604	ไม้ซี่พิงหลังท้ายเตียง#2	912-321	ปอกเดือย(รูปไข่)	3906	เครื่องปอก	60	90
24	0601	เสาท้ายเตียง	912-321	ไส(5,6 หัว รอบ 2)	3822	เครื่องไส 5 หัว	84	90
25	0602	พิงบนท้ายเตียง	912-321	ไส(5,6 หัว รอบ 2)	4257	เครื่องไส 2 หน้า	78	84
26	0605	พนังล่างท้ายเตียง	912-321	ไส(5,6 หัว รอบ 2)	3821	เครื่องไส 5 หัว	84	90

Part Report | Product Report | Process Report | MC Report

ภาพประกอบ 3.27 หน้าจอรายละเอียดลำดับการผลิตเมื่อกดปุ่ม “Report”

จากภาพประกอบ 3.27 แสดงผลลัพธ์หรือลำดับการผลิตที่ได้จากการประมวลผลโปรแกรม ซึ่งแสดงรายละเอียดของลำดับชิ้นส่วนแต่ละชิ้น เช่น ชิ้นส่วนที่มีรหัสยืน 0603 จะเป็นชิ้นส่วนลำดับแรกที่จัดให้กับเครื่องจักร ชื่อชิ้นส่วนไม้ซี่พิงหลังท้ายเตียง#1 ซึ่งเป็นชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ 912-321 ทำขั้นตอนตัดหยาบด้วยรหัสเครื่องจักร 4097 ชื่อเครื่องตัดหยาบ เริ่มต้นผลิตนาทีที่ 0 ผลิตเสร็จนาทีที่ 12 เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถดูผลลัพธ์ในรูปแบบ Gantt Chart ได้โดยกดปุ่ม “Gantt Chart”

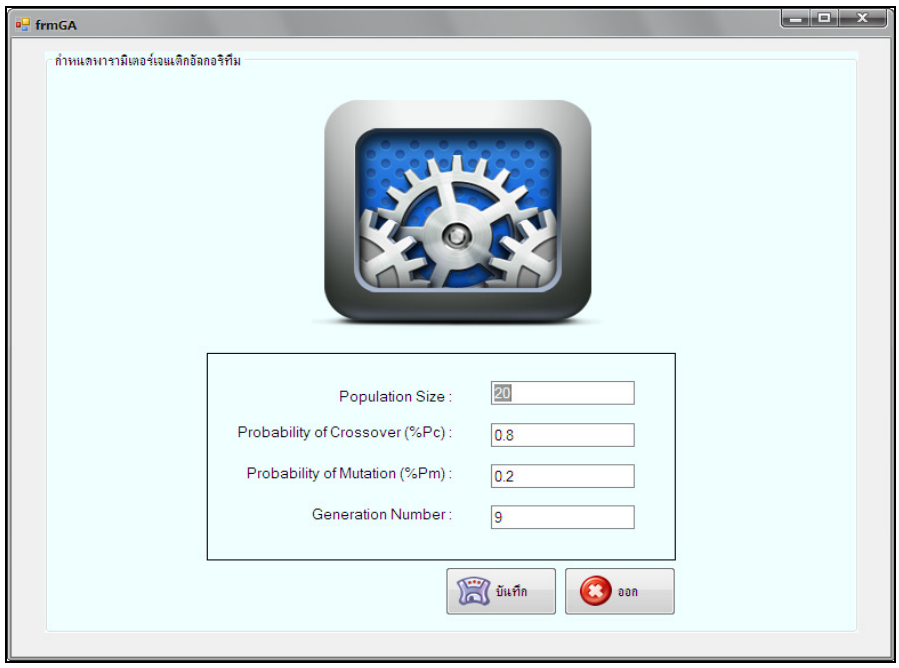
(5) กดปุ่ม “Gantt Chart” เพื่อดูผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลโปรแกรมในรูปแบบ Gantt Chart ดังภาพประกอบ 3.28 ซึ่งแสดงลำดับของชิ้นส่วนที่ผลิตบนเครื่องจักรต่าง ๆ โดยแต่ละแท่งสี จะหมายถึงชิ้นส่วนแต่ละชิ้น เช่น แท่งสีเขียวหมายถึงชิ้นส่วน A2 ทำขั้นตอนการไส บนเครื่องจักร JA เริ่มต้น (ST) นาทีที่ 5 ผลิตเสร็จ (ET) นาทีที่ 20 เป็นต้น ซึ่งจากโปรแกรมข้อมูลชิ้นส่วน ขั้นตอนการผลิต เวลาเริ่มต้น และเวลาเสร็จ จะแสดงให้เห็นเมื่อลากเมาท์ไปวางที่แท่งสีนั้น ๆ



ภาพประกอบ 3.28 หน้าจอผลลัพธ์ในรูปแบบ Gantt Chart เมื่อกด ปุ่ม “Gantt Chart”

3.4.3 เมนูเจเนติกอัลกอริทึม

เมื่อผู้ใช้เลือกเมนูนี้จะปรากฏหน้าจอเจเนติกอัลกอริทึมซึ่งเป็นหน้าจอสำหรับการกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้กับโปรแกรม โดยสามารถป้อนข้อมูลพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการประมวลผลโปรแกรมเพื่อการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุด พารามิเตอร์เจเนติกอัลกอริทึมที่กำหนดให้ป้อนข้อมูลได้ คือ Population Size, P_c, P_m และ Generation Number ซึ่งผู้วิจัยจะกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมไว้เป็นค่าเริ่มต้นของโปรแกรม ดังแสดงในภาพประกอบ 3.29



ภาพประกอบ 3.29 หน้าจอเมนูเจเนติกอัลกอริทึม

จากการพัฒนาโปรแกรมจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราโดยประยุกต์ใช้วิธีการเจเนติกอัลกอริทึมในการประมวลผลเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับข้อมูลตัวอย่างเพื่อประเมินผลลัพธ์โปรแกรม และทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับแผนการผลิตเดิมของโรงงาน ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ประมวลผลบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ (Windows) ความเร็วหน่วยประมวลผล (CPU) 1.5 GHz โดยรายละเอียดของผลลัพธ์โปรแกรมจะแสดงไว้ในบทที่ 4

บทที่ 4

ผลลัพธ์โปรแกรมจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

เมื่อได้ทำการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราโดยประยุกต์ใช้วิธีการเจเนติกอัลกอริทึมแล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างโปรแกรมต้นแบบขึ้นมาโดยอาศัยหลักการและข้อมูลที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 และ 3 สำหรับเนื้อหาที่จะกล่าวถึงในบทนี้ คือผลลัพธ์โปรแกรมจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราที่พัฒนาขึ้น ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือส่วนการทดสอบเพื่อประเมินผลโปรแกรม และส่วนการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับแผนการผลิตเดิมของโรงงานกรณีศึกษา : พีพีพาราวูด จำกัด ดำเนินการทดสอบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ประมวลผลบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ ความเร็วหน่วยประมวลผล 1.5 GHz

ในการทดสอบเพื่อประเมินผลโปรแกรมและการเปรียบเทียบผลลัพธ์นั้น ก่อนที่จะประมวลผลโปรแกรมผู้วิจัยได้กำหนดข้อมูลที่จำเป็นทั้งหมดในการจัดลำดับการผลิตไว้ในฐานข้อมูลโดยตรงสำหรับเรียกใช้ในการประมวลผลของโปรแกรม โดยข้อมูลที่ป้อนเข้าสู่ฐานข้อมูลประกอบด้วยข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

(1) ข้อมูลผลิตภัณฑ์ โดยป้อนรหัสผลิตภัณฑ์ และชื่อผลิตภัณฑ์

(2) ข้อมูลชิ้นส่วน โดยป้อนรหัสชิ้นส่วน, ชื่อชิ้นส่วน, รหัสผลิตภัณฑ์, จำนวนชิ้นส่วนย่อย และจำนวนขั้นตอนการผลิต

(3) ข้อมูลชิ้นส่วนย่อย โดยป้อนรหัสชิ้นส่วน และรหัสชิ้นส่วนย่อย

(4) ข้อมูลขั้นตอนการผลิต โดยป้อนรหัสขั้นตอน, ลำดับขั้นตอน, รหัสชิ้นส่วน, ชื่อขั้นตอน, เวลาในการผลิต และรหัสกลุ่มเครื่องจักร

(5) ข้อมูลเครื่องจักร โดยป้อนรหัสกลุ่มเครื่องจักร, รหัสเครื่องจักร และชื่อเครื่องจักร

4.1 การทดสอบเพื่อประเมินผลลัพธ์โปรแกรม

เนื่องจากวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ คือ พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราโดยนำวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบเพื่อให้เวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำที่สุด การทดสอบเพื่อประเมินผลลัพธ์โปรแกรมจึงเป็นการทดสอบโปรแกรมเพื่อหาค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดที่โปรแกรมประมวลผลมาได้ การทดสอบแบ่งเป็น 2 กรณี คือ กรณีทดสอบความถูกต้อง และกรณีทดสอบเพื่อวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์เจเนติกอัลกอริทึม

4.1.1 การทดสอบความถูกต้อง (Validation)

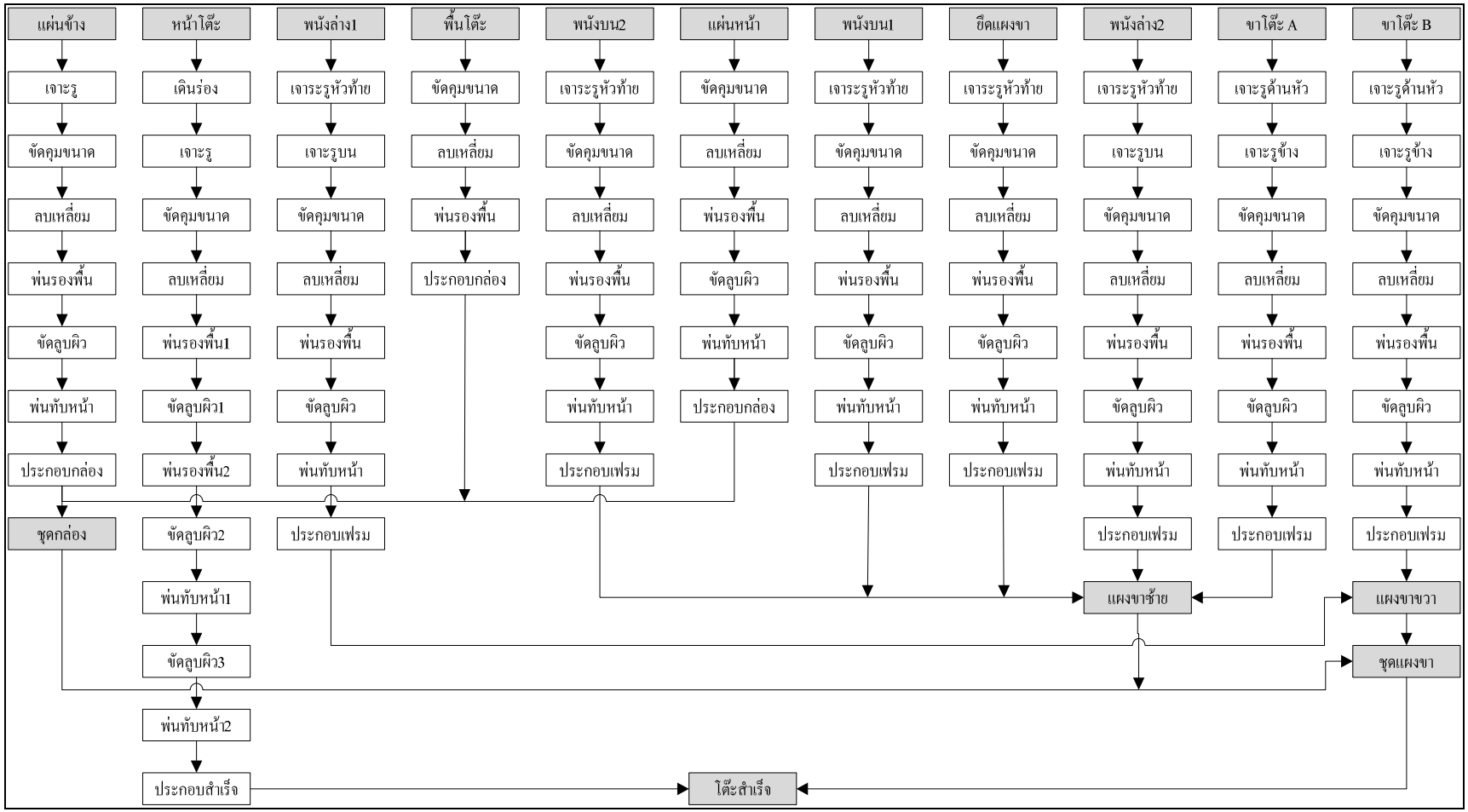
เป็นการทดสอบโปรแกรมที่สร้างขึ้นว่ามีเงื่อนไขและข้อมูลตรงตามสิ่งที่ต้องการหรือไม่ ในส่วนของการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้จะทำการทดสอบด้วยมือกับตัวอย่างข้อมูลที่มีขนาดเล็กเพื่อความง่ายและสะดวกต่อการประมวลผลและการตรวจสอบความถูกต้อง โดยข้อมูลที่ใช้สำหรับการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมมีดังนี้

(1) ทดสอบกับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 1 ชนิด คือผลิตภัณฑ์โต๊ะนักเรียน จำนวน 1 ตัว ประกอบด้วยชิ้นส่วน 16 ชิ้น

(2) ลำดับขั้นตอนการผลิตแต่ละชิ้นส่วนแสดงเป็นแผนผังดังภาพประกอบ 4.1 ซึ่งแสดงให้เห็นสายการผลิตของแต่ละชิ้นส่วนว่ามีขั้นตอนการผลิตใดบ้าง โดยรายละเอียดขั้นตอนการผลิตของแต่ละชิ้นส่วนแสดงในดังตาราง 4.1

(3) ชิ้นส่วนบางชิ้นมีเงื่อนไขก่อนหลังในการผลิต หมายความว่า จะทำการผลิตชิ้นส่วนใด ๆ ได้ก็ต่อเมื่อชิ้นส่วนย่อยของชิ้นส่วนนั้นผลิตเสร็จแล้ว ตัวอย่างเช่น ชิ้นส่วนชุดแผงขามีชิ้นส่วนย่อย คือชิ้นส่วนแผงขาขวา แผงขาซ้าย และชุดกล่อง ดังนั้นในการผลิตชุดแผงขาจะต้องผลิตชิ้นส่วนแผงขาขวา แผงขาซ้าย และชุดกล่องให้เสร็จก่อน เป็นต้น ชิ้นส่วนที่มีเงื่อนไขในการผลิตของผลิตภัณฑ์โต๊ะนักเรียนแสดงเป็นรหัสชิ้นส่วนที่มีชิ้นส่วนย่อยได้ดังตาราง 4.2

(4) เครื่องจักรสำหรับผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์โต๊ะนักเรียนมีรายละเอียดเป็นดังตาราง 4.3 ซึ่งแสดงรายการเครื่องจักรในแต่ละกลุ่มเครื่องจักรสำหรับใช้ในการผลิตแต่ละขั้นตอน



ภาพประกอบ 4.1 ลำดับขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์โต๊ะนักเรียน

ตาราง 4.1 รายละเอียดขั้นตอนการผลิตแต่ละชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์โต๊ะนักเรียน

รหัสชิ้นส่วน	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (วินาที)	รหัสกลุ่มเครื่องจักร
0101	หน้าโต๊ะ	เดินร่อง	30	03
		เจาะรู	3	06
		ขัดคุมขนาด	30	10
		ลบเหลี่ยม	24	14
		พ่นรองพื้น1	18	17
		ขัดลูบผิว1	30	15
		พ่นรองพื้น2	18	17
		ขัดลูบผิว2	30	15
		พ่นทับหน้า1	18	17
		ขัดลูบผิว3	30	15
		พ่นทับหน้า2	18	17
		ประกอบสำเร็จ	42	16
0102	แผ่นหน้า	ขัดคุมขนาด	30	10
		ลบเหลี่ยม	24	14
		พ่นรองพื้น 2 ด้าน	30	17
		ขัดลูบผิวด้านนอก	30	15
		พ่นทับหน้า	18	17
		ประกอบกล่อง	42	16
0103	แผ่นข้าง	เจาะรู	30	06
		ขัดคุมขนาด	30	10
		ลบเหลี่ยม	24	14
		พ่นรองพื้น	18	17
		ขัดลูบผิวด้านนอก	30	15
		พ่นทับหน้า 1 ด้าน	30	17
		ประกอบกล่อง	42	16
0104	พื้นโต๊ะ	ขัดคุมขนาด	30	10
		ลบเหลี่ยม	18	14
		พ่นรองพื้น	30	17
		ประกอบกล่อง	30	16
0105	ขาโต๊ะ A	เจาะรูด้านหัว	12	05
		เจาะรูข้าง	12	06
		ขัดคุมขนาด	30	10

ตาราง 4.1 รายละเอียดขั้นตอนการผลิตแต่ละชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์โต๊ะนักเรียน (ต่อ)

รหัสชิ้นส่วน	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (วินาที)	รหัสกลุ่มเครื่องจักร
		ลบเหลี่ยม	24	14
		พ่นรองพื้น	18	17
		ขัดลูบผิว	30	15
		พ่นทับหน้า	30	17
		ประกอบเฟรม	30	16
0106	ขาโต๊ะ B	เจาะรูด้านหัว	12	05
		เจาะรูข้าง	12	06
		ขัดคุมขนาด	30	10
		ลบเหลี่ยม	24	14
		พ่นรองพื้น	18	17
		ขัดลูบผิว	30	15
		พ่นทับหน้า	30	17
		ประกอบเฟรม	30	16
0107	พนังบน1	เจาะรูหัว-ท้าย	18	05
		ขัดคุมขนาด	30	10
		ลบเหลี่ยม	18	14
		พ่นรองพื้น	30	17
		ขัดลูบผิว 2 ด้าน	42	15
		พ่นทับหน้า 2 ด้าน	30	17
		ประกอบเฟรม	30	16
0108	พนังบน2	เจาะรูหัว-ท้าย	18	05
		ขัดคุมขนาด	30	10
		ลบเหลี่ยม	18	14
		พ่นรองพื้น	30	17
		ขัดลูบผิว 2 ด้าน	42	15
		พ่นทับหน้า 2 ด้าน	30	17
		ประกอบเฟรม	30	16
0109	พนังล่าง1	เจาะรูหัว-ท้าย	18	05
		เจาะรูด้านบน	12	05
		ขัดคุมขนาด	30	10
		ลบเหลี่ยม	24	14
		พ่นรองพื้น	18	17

ตาราง 4.1 รายละเอียดขั้นตอนการผลิตแต่ละชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์โต๊ะนักเรียน (ต่อ)

รหัสชิ้นส่วน	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (วินาที)	รหัสกลุ่มเครื่องจักร
		ขัดลูบผิว 4 ด้าน	48	15
		พ่นทับหน้า 4 ด้าน	30	17
		ประกอบเฟรม	30	16
0110	พนังล่าง2	เจาะรูหัว-ท้าย	18	05
		เจาะรูด้านบน	12	05
		ขัดคุมขนาด	30	10
		ลบเหลี่ยม	24	14
		พ่นรองพื้น	18	17
		ขัดลูบผิว 4 ด้าน	48	15
		พ่นทับหน้า 4 ด้าน	30	17
		ประกอบเฟรม	30	16
0111	ยึดแผงขา	เจาะรูหัว-ท้าย	18	05
		ขัดคุมขนาด	30	10
		ลบเหลี่ยม	24	14
		พ่นรองพื้น	24	17
		ขัดลูบผิว 4 ด้าน	30	15
		พ่นทับหน้า 4 ด้าน	30	17
		ประกอบเฟรม	30	16
0112	แผงขาขวา (ประกอบเฟรม)	ประกอบแผงขาขวา	108	16
0113	แผงขาซ้าย (ประกอบเฟรม)	ประกอบแผงขาซ้าย	108	16
0114	ชุดกล่อง	ประกอบชุดกล่อง	60	16
0115	ชุดแผงขา (ประกอบเฟรม)	ประกอบชุดแผงขา	72	16
0116	โต๊ะสำเร็จ	ประกอบสำเร็จเป็นโต๊ะ	150	16

ตาราง 4.2 ชิ้นส่วนที่มีชิ้นส่วนย่อยของผลิตภัณฑ์โต๊ะนักเรียน

รหัสชิ้นส่วน	รหัสชิ้นส่วนย่อย			
	1	2	3	4
0112	0105	0107	0109	-
0113	0106	0108	0110	-
0114	0102	0103	0104	-
0115	0111	0112	0113	0114
0116	0101	0115	-	-

ตาราง 4.3 รายการเครื่องจักรสำหรับผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์โต๊ะนักเรียน

รหัสกลุ่มเครื่องจักร	รหัสเครื่องจักร	ชื่อเครื่องจักร
01	AA	เครื่องเลื่อยวงเดือน
	AB	เครื่องเลื่อยสายพาน
02	BA	เครื่องตัดขนาดหัวท้าย (Double End)
03	CA	เครื่องเซาะร่อง Router
	CB	เครื่องซอย-บากร่อง
04	DA	เครื่องขึ้นรูปเพลาตั้ง
	DB	เครื่องขึ้นรูป NC
05	EA	เครื่องเจาะแนวนอน
06	FA	เครื่องเจาะแนวตั้ง
07	GA	เครื่องเจาะชนิดพิเศษ
08	HA	เครื่องไสหน้าเดียว
09	IA	เครื่องขัดขอบ Profile
10	JA	เครื่องขัดขนาดหน้ากว้าง (W/B)
	JB	เครื่องขัด MAKITA
	JC	เครื่องขัดจิ๊
11	KA	เครื่องขัดร่อง (เครื่องเจาะดัดแปลง)
12	LA	เครื่องขัดสามเหลี่ยม
13	MA	เครื่องขัดแปรง
14	NA	เครื่องขัดฟองน้ำแนวตั้ง 1 หัว
	NB	เครื่องขัดฟองน้ำแนวนอน 2 หัว
15	OA	เครื่องขัดลูบ TOP
16	PA	ประกอบ 1614eumatic แผงนอน
	PB	ประกอบด้วยคน
17	QA	บู๊ชพ่นสี1
	QB	บู๊ชพ่นสี2
18	RA	บรรจุด้วยคน

จากข้อมูลสำหรับทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมดังที่กล่าวไปข้างต้น ทำการประมวลผลโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจากข้อมูลชุดดังกล่าวโดยกำหนดพารามิเตอร์เจเนติกอัลกอริทึมเริ่มต้นเป็นกรณีศึกษาดังตาราง 4.4

ตาราง 4.4 ค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นของเจเนติกอัลกอริทึม

พารามิเตอร์เจเนติกอัลกอริทึม	ค่าที่กำหนด
Probability of Crossover (%Pc)	0.8
Probability of Mutation (%Pm)	0.2
Population Size	5
Number of Generation	10

ค่าพารามิเตอร์เจเนติกอัลกอริทึมเริ่มต้นที่กำหนดให้กับโปรแกรม จะมีผลต่อคำตอบที่เหมาะสมที่สุดและเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรม โดยค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับขนาดจำนวนยีนหรือจำนวนชิ้นส่วนจะทำให้โปรแกรมสามารถค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดซึ่งใกล้เคียงกับค่าจริงที่สุดโดยใช้เวลาในการประมวลผลที่เหมาะสมสำหรับขนาดยีนนั้น ๆ โดยจะมีการวิเคราะห์เพื่อหาค่าที่เหมาะสมต่อไปในส่วนของการวิเคราะห์ความไว

การทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมจะแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ การตรวจสอบเงื่อนไขการผลิตก่อนหลังของชิ้นส่วน การตรวจสอบเงื่อนไขการจัดชิ้นส่วนเข้าเครื่องจักร และการทดสอบการคำนวณเวลาเสร็จสิ้นการทำงานหรือค่า Makespan

4.1.1.1 การตรวจสอบเงื่อนไขการผลิตก่อนหลังของชิ้นส่วน ในส่วนนี้จะทำการประมวลผลโปรแกรมเพื่อตรวจสอบเงื่อนไขการผลิตก่อนหลังของชิ้นส่วน จากการประมวลผลโปรแกรมพบว่าโครโมโซมหรือลำดับชิ้นส่วนตัวอย่างที่โปรแกรมประมวลผลได้เป็นดังนี้

0103	0101	0109	0104	0108	0102	0107	0111	0110	0105	0106	0114	0113	0112	0115	0116

ทำการตรวจสอบลำดับการผลิตก่อนหลังของชิ้นส่วนตามเงื่อนไขของชิ้นส่วนที่มีชิ้นส่วนย่อยในตาราง 4.2 ซึ่งมีชิ้นส่วนที่ต้องตรวจสอบชิ้นส่วนย่อยจำนวน 5 ชิ้นส่วน ได้แก่ ชิ้นส่วน 0112 0113 0114 0115 และชิ้นส่วน 0116 ตัวอย่างเช่น จากตาราง 4.2 พบว่าชิ้นส่วน 0112 มีชิ้นส่วนย่อยคือ 0105 0107 และ 0109 ดังนั้นลำดับชิ้นส่วนที่โปรแกรมประมวลผลได้จะต้องมีลำดับชิ้นส่วนย่อยดังกล่าวมาก่อนลำดับชิ้นส่วน 0112 ซึ่งจากโครโมโซมหรือลำดับชิ้นส่วนที่โปรแกรมประมวลผลได้พบว่าเป็นไปตามเงื่อนไขที่ต้องการคือลำดับชิ้นส่วน 0105 0107 และ 0109 มาก่อนลำดับ 0112 เป็นต้น ชิ้นส่วนอื่น ๆ ก็สามารถพิจารณาได้เช่นเดียวกันนี้ ซึ่งจากการตรวจสอบลำดับชิ้นส่วนที่มีชิ้นส่วนย่อยในโครโมโซมที่โปรแกรมประมวลผลได้ดังกล่าวพบว่าทุก

ชิ้นส่วนมีลำดับเป็นไปตามเงื่อนไขการผลิตก่อนหลัง ดังนั้นจึงถือได้ว่าโปรแกรมสามารถประมวลผลได้ถูกต้องตามเงื่อนไขที่ต้องการ

4.1.1.2 การตรวจสอบเงื่อนไขการจัดชิ้นส่วนเข้าเครื่องจักร

ในส่วนนี้จะใช้ตัวอย่างโครโมโซมเดียวกับข้อ 4.1.1.1 มาทำการคำนวณด้วยมือ โดยนำชิ้นส่วนแต่ละชิ้นส่วนในโครโมโซมมาจัดเข้าเครื่องจักรโดยพิจารณาขั้นตอนการผลิตเป็นหลัก ดังนี้

(1) พิจารณาลำดับขั้นตอนการผลิตที่ i เมื่อ i = 1, 2, 3, …, max process

(2) พิจารณาชิ้นส่วนที่ j ในโครโมโซมตามลำดับ เมื่อ j = 1, 2, 3, …, max gene

(3) จัดชิ้นส่วน j เข้าเครื่องจักรที่ว่างและกรณีที่ไม่มีเครื่องจักรว่างให้จัดเข้าเครื่องจักรที่มีเวลาเสร็จงานก่อนหน้าต่ำสุด

(4) สามารถจัดชิ้นส่วน j เข้าเครื่องจักรได้ก็ต่อเมื่อชิ้นส่วน j ผ่านขั้นตอนการผลิตก่อนหน้ามาแล้ว

(5) เวลาเริ่มต้นผลิตชิ้นส่วน j พิจารณาได้จากเวลาที่เครื่องจักรว่างหรือเวลาที่เครื่องจักรเสร็จงานก่อนหน้าต่ำสุด

(6) เวลาผลิตเสร็จพิจารณาได้จากเวลาเริ่มต้นผลิตบวกด้วยเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนนั้น ๆ

(7) พิจารณาลำดับชิ้นส่วนที่ j ถัดไปในข้อ (2) ให้ทำข้อ (3) ถึงข้อ (6) จนครบทุกชิ้นส่วน

(8) พิจารณาลำดับขั้นตอนการผลิตที่ i ถัดไปในข้อ (1) ให้ทำข้อ (2) ถึงข้อ (7) จนครบทุกขั้นตอนการผลิต

ยกตัวอย่างโครโมโซมสำหรับอธิบายการจัดชิ้นส่วนเข้าเครื่องจักร ดังนี้

0103	0101	0102

จากตัวอย่างโครโมโซมสามารถจัดชิ้นส่วนในโครโมโซมเข้าเครื่องจักรตามขั้นตอนที่ได้อธิบายไปข้างต้นให้ผลเป็นดังตาราง 4.5 ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนการคำนวณ ดังนี้

(1) พิจารณาขั้นตอนการผลิตลำดับที่ 1

(2) พิจารณาชิ้นส่วนที่ 1 คือ 0103

(3) สมมติ ชิ้นส่วน 0103 ใช้เครื่องจักร A ในการผลิตซึ่งเริ่มต้นพบว่าเครื่องจักร A ยังไม่ได้ผลิตชิ้นส่วนใด เครื่องจักรจึงว่างอยู่

(4) ชิ้นส่วน 0103 ผลิตขั้นตอนแรกจึงไม่ต้องพิจารณาขั้นตอนการผลิตก่อนหน้า

(5) เวลาเริ่มต้นผลิตชิ้นส่วน 0103 คือเริ่มต้นผลิตวินาทีที่ 0 เพราะเครื่องจักรว่าง

(6) สมมติชิ้นส่วน 0103 ใช้เวลาในการผลิตขั้นตอนนี้ 20 วินาที เวลาผลิตชิ้นส่วน 0103 เสร็จ จึงคำนวณได้จาก 0 + 20 = 20 ดังนั้นเวลาผลิตเสร็จคือวินาทีที่ 20

(7) ชิ้นส่วนลำดับถัดไป คือ 0101 ทำข้อที่ (3) ถึง (6) สมมติให้ใช้เครื่องจักร A เช่นเดียวกัน ดังนั้นเวลาเริ่มต้นผลิต คือ 20 เนื่องจากเครื่องจักรไม่ว่างต้องพิจารณาเวลาเสร็จงานก่อนหน้า คือเวลาผลิตชิ้นส่วน 0103 เสร็จ สมมติให้ใช้เวลาในการผลิต 10 วินาที ดังนั้นเวลาผลิตชิ้นส่วน 0101 เสร็จคำนวณได้จาก 20 + 10 = 30 คือผลิตเสร็จวินาทีที่ 30 ชิ้นส่วนลำดับสุดท้าย คือ 0102 ทำข้อ (3) ถึงข้อ (6) เช่นเดียวกัน สมมติให้ใช้เครื่องจักร A และเวลาในการผลิต 10 วินาที ดังนั้นชิ้นส่วน 0102 จึงเริ่มต้นผลิตวินาทีที่ 30 ผลิตเสร็จวินาทีที่ 30 + 10 = 40

(8) พิจารณาขั้นตอนการผลิตลำดับถัดไปซึ่งคำนวณได้เช่นเดียวกันนี้ แต่จากตัวอย่างโครโมโซมนี้ สมมติให้มีการผลิตขั้นตอนเดียวดังนั้นเวลาที่ใช้ในการผลิตเสร็จทุกชิ้นส่วนทุกขั้นตอนคือ 40 วินาทีซึ่งก็คือค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานหรือค่า Makspan ของโครโมโซมนี้นั่นเอง

ตาราง 4.5 ตัวอย่างข้อมูลการคำนวณเวลาในการจัดชิ้นส่วนเข้าเครื่องจักร

รหัสชิ้นส่วน	ขั้นตอนการผลิต	เครื่องจักร	เวลาในการผลิต (วินาที)	เวลาเริ่มต้นผลิต (วินาที)	เวลาผลิตเสร็จ (วินาที)
0103	ขั้นตอนลำดับที่ 1	A	20	0	20
0101	ขั้นตอนลำดับที่ 1	A	10	20	20 + 10 = 30
0102	ขั้นตอนลำดับที่ 1	A	10	30	30 + 10 = 40
Makespan					40

จากตัวอย่างการคำนวณเวลาในการจัดชิ้นส่วนเข้าเครื่องจักรสามารถพิจารณาการจัดชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้าเครื่องจักรในแต่ละขั้นตอนได้ในทำนองเดียวกันนี้ ซึ่งจากตัวอย่างโครโมโซมในข้อ 4.1.1.1 ทำการจัดชิ้นส่วนเข้าเครื่องจักรโดยเริ่มต้นพิจารณาจาก j = 1 คือชิ้นส่วน 0103 เมื่อพิจารณารายละเอียดของข้อมูลในตาราง 4.1 พบว่าคือชิ้นส่วนแผ่นข้าง มีขั้นตอนการผลิตลำดับที่ 1 คือขั้นตอนการเจาะรู ต้องใช้กลุ่มเครื่องจักร 06 ในการผลิต และใช้เวลาในการผลิต 30 วินาที จากนั้นจัดชิ้นส่วน 0103 เข้าเครื่องจักรโดยพิจารณากลุ่มเครื่องจักรที่ต้องใช้ในการผลิตว่ามี

เครื่องจักรใดบ้างจากตาราง 4.3 ซึ่งกลุ่มเครื่องจักรที่ต้องใช้ในการผลิตชิ้นส่วน 0103 ในขั้นตอนการผลิตลำดับที่ 1 คือกลุ่มเครื่องจักร 06 ซึ่งพบว่ามีเครื่องจักรเพียงเครื่องเดียวคือเครื่อง FA จึงจัดให้ชิ้นส่วน 0103 ทำการผลิตบนเครื่อง FA โดยเริ่มต้นผลิตวินาทีที่ 0 และผลิตเสร็จวินาทีที่ 30 จากนั้นพิจารณาลำดับชิ้นส่วนที่ j ถัดไปจนครบทุกชิ้นส่วนแล้วจึงพิจารณาลำดับขั้นตอนการผลิตที่ i ถัดไปจนครบทุกขั้นตอนการผลิตซึ่งผลที่ได้จากการจัดชิ้นส่วนเข้าเครื่องจักรจนครบทุกชิ้นส่วนครบทุกขั้นตอนของโครโมโซมตัวอย่างนี้ด้วยวิธีการคำนวณด้วยมือแสดงได้ดังภาพประกอบ 4.2 ซึ่งมีรายละเอียดดังตาราง 4.6

ตาราง 4.6 รายละเอียดของลำดับการผลิตที่ได้จากวิธีการคำนวณด้วยมือ

ชื่อชิ้นส่วน	รหัสชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	ชื่อเครื่องจักร	เวลาเริ่มผลิต (วินาที)	เวลาผลิตเสร็จ (วินาที)
แผ่นข้าง	0103	เจาะรู	เครื่องเจาะแนวตั้ง	0	30
หน้าโต๊ะ	0101	เดินร่อง	เครื่องเซาะร่อง Router	0	30
พนังล่าง1	0109	เจาะรูหัว-ท้าย	เครื่องเจาะแนวนอน	0	18
พื้นโต๊ะ	0104	ขัดคุมขนาด	เครื่องขัดขนาดหน้ากว้าง	0	30
พนังบน2	0108	เจาะรูหัว-ท้าย	เครื่องเจาะแนวนอน	18	36
แผ่นหน้า	0102	ขัดคุมขนาด	เครื่องขัด MAKITA	0	30
พนังบน1	0107	เจาะรูหัว-ท้าย	เครื่องเจาะแนวนอน	36	54
ยึดแผงขา	0111	เจาะรูหัว-ท้าย	เครื่องเจาะแนวนอน	54	72
พนังล่าง2	0110	เจาะรูหัว-ท้าย	เครื่องเจาะแนวนอน	72	90
ขาโต๊ะ A	0106	เจาะรูด้านหัว	เครื่องเจาะแนวนอน	90	102
ขาโต๊ะ B	0105	เจาะรูด้านหัว	เครื่องเจาะแนวนอน	102	114
แผ่นข้าง	0103	ขัดคุมขนาด	เครื่องขัดจี้	30	60
หน้าโต๊ะ	0101	เจาะรูขนาด	เครื่องเจาะแนวตั้ง	30	33
พนังล่าง1	0109	เจาะรูด้านบน	เครื่องเจาะแนวนอน	114	126
พื้นโต๊ะ	0104	ลบเหลี่ยม	เครื่องขัดฟองน้ำแนวตั้ง 1 หัว	30	48
พนังบน2	0108	ขัดคุมขนาด	เครื่องขัดขนาดหน้ากว้าง	36	66
แผ่นหน้า	0102	ลบเหลี่ยม	เครื่องขัดฟองน้ำแนวนอน 2 หัว	30	54
พนังบน1	0107	ขัดคุมขนาด	เครื่องขัด MAKITA	54	84
ยึดแผงขา	0111	ขัดคุมขนาด	เครื่องขัดจี้	72	102
พนังล่าง2	0110	เจาะรูด้านบน	เครื่องเจาะแนวนอน	126	138
ขาโต๊ะ A	0106	เจาะรูข้าง	เครื่องเจาะแนวตั้ง	102	114
ขาโต๊ะ B	0105	เจาะรูข้าง	เครื่องเจาะแนวตั้ง	114	126
แผ่นข้าง	0103	ลบเหลี่ยม	เครื่องขัดฟองน้ำแนวตั้ง 1 หัว	60	84

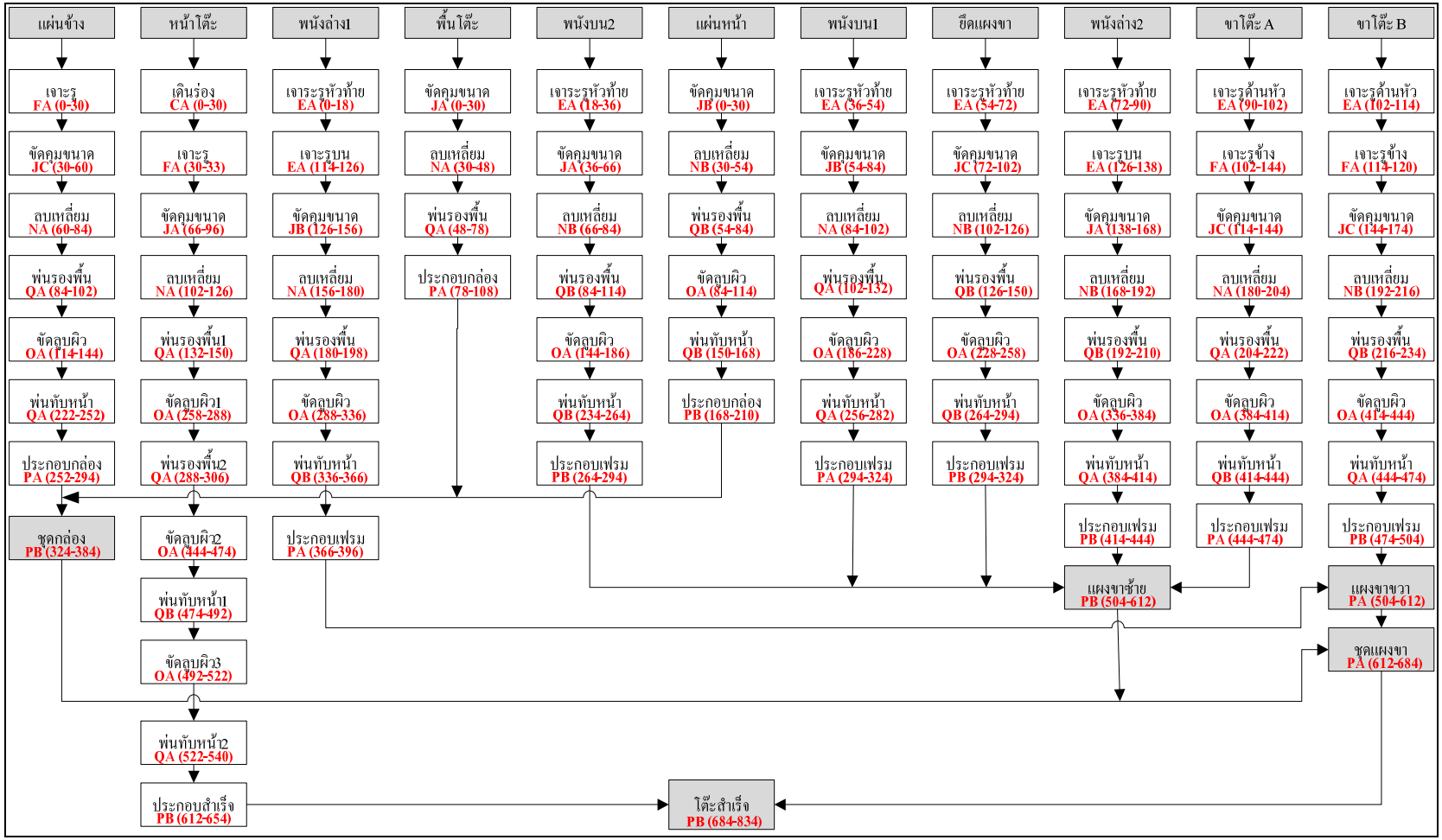
ตาราง 4.6 รายละเอียดของลำดับการผลิตที่ได้จากวิธีการคำนวณด้วยมือ (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	รหัสชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	ชื่อเครื่องจักร	เวลาเริ่มผลิต (วินาที)	เวลาผลิตเสร็จ (วินาที)
หน้าโต๊ะ	0101	ขัดคุมขนาด	เครื่องขัดขนาดหน้ากว้าง	66	96
พนังล่าง1	0109	ขัดคุมขนาด	เครื่องขัด MAKITA	126	156
พื้นโต๊ะ	0104	พ่นรองพื้น	บู๊ชพ่นสี1	48	78
พนังบน2	0108	ลบเหลี่ยม	เครื่องขัดฟองน้ำแนวนอน 2 หัว	66	84
แผ่นหน้า	0102	พ่นรองพื้น 2 ด้าน	บู๊ชพ่นสี2	54	84
พนังบน1	0107	ลบเหลี่ยม	เครื่องขัดฟองน้ำแนวตั้ง 1 หัว	84	102
ยึดแผงขา	0111	ลบเหลี่ยม	เครื่องขัดฟองน้ำแนวนอน 2 หัว	102	126
พนังล่าง2	0110	ขัดคุมขนาด	เครื่องขัดขนาดหน้ากว้าง	138	168
ขาโต๊ะ A	0106	ขัดคุมขนาด	เครื่องขัดจิ๋	114	144
ขาโต๊ะ B	0105	ขัดคุมขนาด	เครื่องขัดจิ๋	144	174
แผ่นข้าง	0103	พ่นรองพื้น	บู๊ชพ่นสี1	84	102
หน้าโต๊ะ	0101	ลบเหลี่ยม	เครื่องขัดฟองน้ำแนวตั้ง 1 หัว	102	126
พนังล่าง1	0109	ลบเหลี่ยม	เครื่องขัดฟองน้ำแนวตั้ง 1 หัว	156	180
พื้นโต๊ะ	0104	ประกอบกล่อง	ประกอบแผงนอน	78	108
พนังบน2	0108	พ่นรองพื้น	บู๊ชพ่นสี2	84	114
แผ่นหน้า	0102	ขัดลูบผิวด้านนอก	เครื่องขัดลูบ TOP	84	114
พนังบน1	0107	พ่นรองพื้น	บู๊ชพ่นสี1	102	132
ยึดแผงขา	0111	พ่นรองพื้น	บู๊ชพ่นสี2	126	150
พนังล่าง2	0110	ลบเหลี่ยม	เครื่องขัดฟองน้ำแนวนอน 2 หัว	168	192
ขาโต๊ะ A	0106	ลบเหลี่ยม	เครื่องขัดฟองน้ำแนวตั้ง 1 หัว	180	204
ขาโต๊ะ B	0105	ลบเหลี่ยม	เครื่องขัดฟองน้ำแนวนอน 2 หัว	192	216
แผ่นข้าง	0103	ขัดลูบผิวด้านนอก	เครื่องขัดลูบ TOP	114	144
หน้าโต๊ะ	0101	พ่นรองพื้น1	บู๊ชพ่นสี1	132	150
พนังล่าง1	0109	พ่นรองพื้น	บู๊ชพ่นสี1	180	198
พนังบน2	0108	ขัดลูบผิว 2 ด้าน	เครื่องขัดลูบ TOP	144	186
แผ่นหน้า	0102	พ่นทับหน้า	บู๊ชพ่นสี2	150	168
พนังบน1	0107	ขัดลูบผิว 2 ด้าน	เครื่องขัดลูบ TOP	186	228
ยึดแผงขา	0111	ขัดลูบผิว 4 ด้าน	เครื่องขัดลูบ TOP	228	258
พนังล่าง2	0110	พ่นรองพื้น	บู๊ชพ่นสี2	192	210
ขาโต๊ะ A	0106	พ่นรองพื้น	บู๊ชพ่นสี1	204	222
ขาโต๊ะ B	0105	พ่นรองพื้น	บู๊ชพ่นสี2	216	234
แผ่นข้าง	0103	พ่นทับหน้า 1 ด้าน	บู๊ชพ่นสี1	222	252

ตาราง 4.6 รายละเอียดของลำดับการผลิตที่ได้จากวิธีการคำนวณด้วยมือ (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	รหัสชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	ชื่อเครื่องจักร	เวลาเริ่มผลิต (วินาที)	เวลาผลิตเสร็จ (วินาที)
หน้าโต๊ะ	0101	ขัดลูบผิว1	เครื่องขัดลูบ TOP	258	288
พนังล่าง1	0109	ขัดลูบผิว 4 ด้าน	เครื่องขัดลูบ TOP	288	336
พนังบน2	0108	พ่นทับหน้า 2 ด้าน	บู๊ชพ่นสี2	234	264
แผ่นหน้า	0102	ประกอบกล่อง	ประกอบด้วยคน	168	210
พนังบน1	0107	พ่นทับหน้า 2 ด้าน	บู๊ชพ่นสี1	252	282
ยึดแผงขา	0111	พ่นทับหน้า 4 ด้าน	บู๊ชพ่นสี2	264	294
พนังล่าง2	0110	ขัดลูบผิว 4 ด้าน	เครื่องขัดลูบ TOP	336	384
ขาโต๊ะ A	0106	ขัดลูบผิว	เครื่องขัดลูบ TOP	384	414
ขาโต๊ะ B	0105	ขัดลูบผิว	เครื่องขัดลูบ TOP	414	444
แผ่นข้าง	0103	ประกอบกล่อง	ประกอบแผงนอน	252	294
หน้าโต๊ะ	0101	พ่นรองพื้น2	บู๊ชพ่นสี1	288	306
พนังล่าง1	0109	พ่นทับหน้า 4 ด้าน	บู๊ชพ่นสี2	336	366
พนังบน2	0108	ประกอบเฟรม	ประกอบด้วยคน	264	294
พนังบน1	0107	ประกอบเฟรม	ประกอบแผงนอน	294	324
ยึดแผงขา	0111	ประกอบเฟรม	ประกอบด้วยคน	294	324
พนังล่าง2	0110	พ่นทับหน้า 4 ด้าน	บู๊ชพ่นสี1	384	414
ขาโต๊ะ A	0106	พ่นทับหน้า	บู๊ชพ่นสี2	414	444
ขาโต๊ะ B	0105	พ่นทับหน้า	บู๊ชพ่นสี1	444	474
หน้าโต๊ะ	0101	ขัดลูบผิว2	เครื่องขัดลูบ TOP	444	474
พนังล่าง1	0109	ประกอบเฟรม	ประกอบแผงนอน	366	396
ชุดกล่อง	0104	ประกอบชุดกล่อง	ประกอบด้วยคน	324	384
พนังล่าง2	0110	ประกอบเฟรม	ประกอบด้วยคน	414	444
ขาโต๊ะ A	0106	ประกอบเฟรม	ประกอบ 1614eumatic แผงนอน	444	474
ขาโต๊ะ B	0105	ประกอบเฟรม	ประกอบด้วยคน	474	504
หน้าโต๊ะ	0101	พ่นทับหน้า1	บู๊ชพ่นสี2	474	492
แผงขาขวา	0112	ประกอบแผงขาขวา	ประกอบแผงนอน	504	612
แผงขาซ้าย	0113	ประกอบแผงขาซ้าย	ประกอบด้วยคน	504	612
ชุดแผงขา	0115	ประกอบชุดแผงขา	ประกอบแผงนอน	612	684
หน้าโต๊ะ	0101	ขัดลูบผิว3	เครื่องขัดลูบ TOP	492	522
หน้าโต๊ะ	0101	พ่นทับหน้า2	บู๊ชพ่นสี1	522	540
หน้าโต๊ะ	0101	ประกอบสำเร็จ	ประกอบด้วยคน	612	654
โต๊ะสำเร็จ	0116	ประกอบโต๊ะสำเร็จ	ประกอบด้วยคน	684	**834**

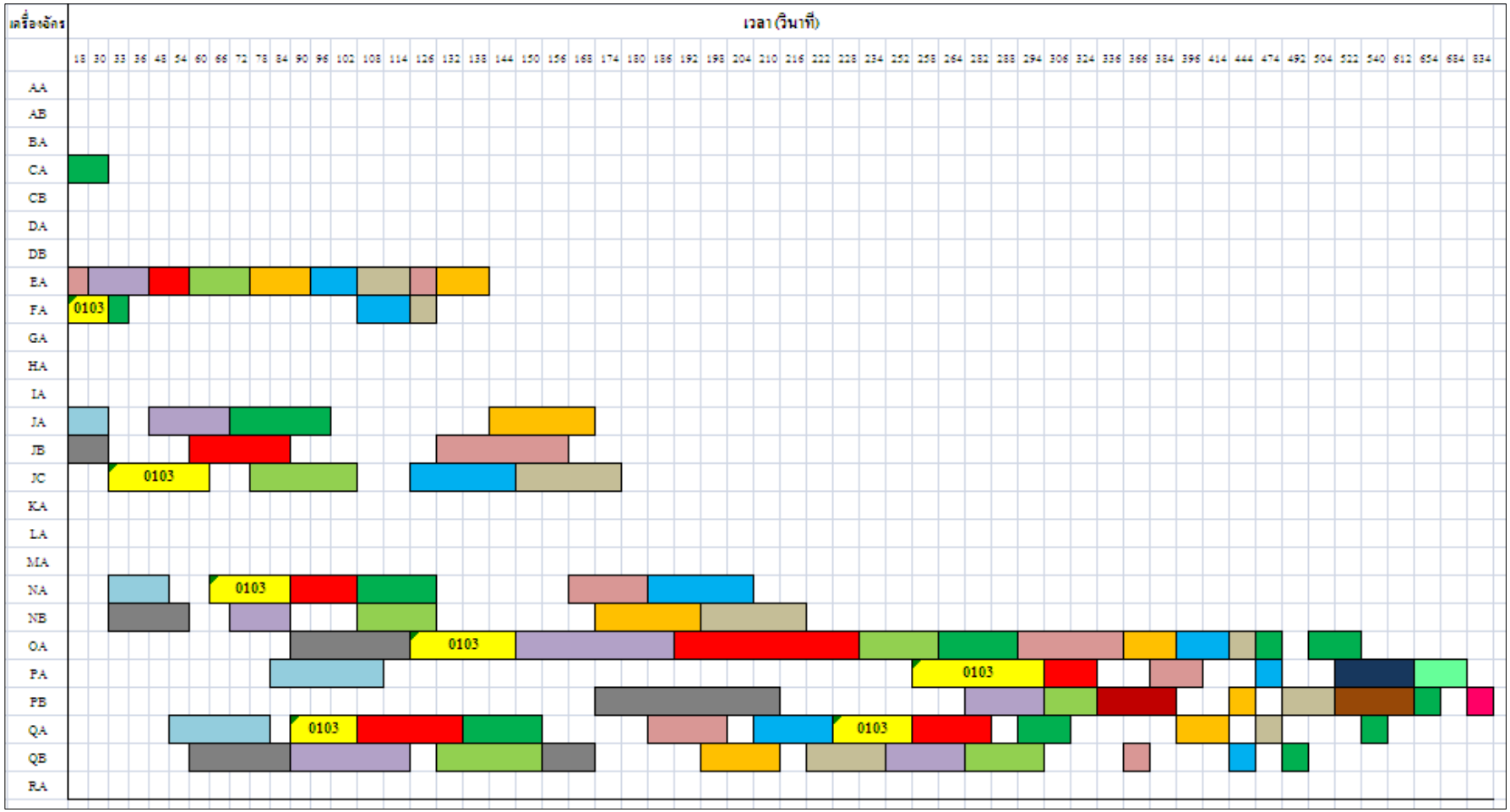
Makespan = 834 sec



ภาพประกอบ 4.2 แผนผังแสดงเวลาในการผลิตขั้นตอนและชิ้นส่วนต่าง ๆ

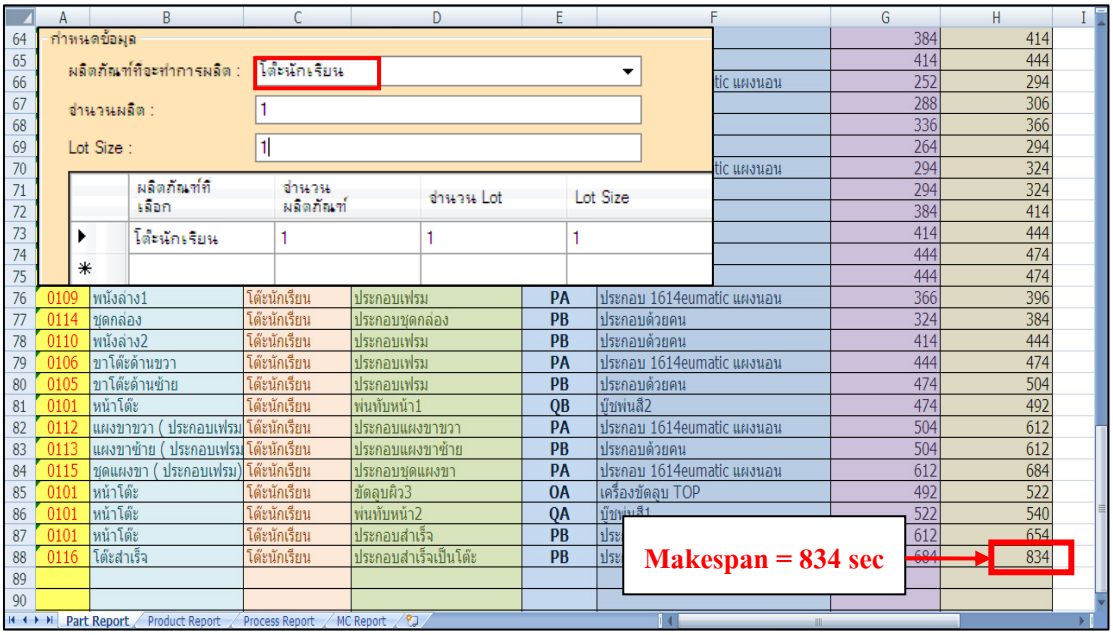
จากตาราง 4.6 แสดงรายละเอียดของลำดับการผลิตที่ได้จากวิธีการคำนวณด้วยมือ ซึ่งสามารถอ่านผลจากตาราง เช่น ชิ้นส่วนลำดับแรกที่จะทำการผลิต คือชิ้นส่วนแผงข้าง ซึ่งจะทำขั้นตอนการเจาะรูโดยใช้เครื่องเจาะแนวตั้งเริ่มต้นผลิตวินาทีที่ 0 ผลิตเสร็จวินาทีที่ 30 ชิ้นส่วนลำดับที่สองที่จะทำการผลิต คือชิ้นส่วนหน้าโต๊ะทำขั้นตอนเดินร่อง โดยใช้เครื่องเซาะร่อง เริ่มต้นผลิตวินาทีที่ 0 ผลิตเสร็จวินาทีที่ 30 เป็นต้น เช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนครบทุกชิ้นส่วน ซึ่งชิ้นส่วนสุดท้ายที่ผลิตเสร็จก็คือชิ้นส่วนโต๊ะสำเร็จผลิตเสร็จวินาทีที่ 834 ซึ่งก็คือค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานหรือค่า Makespan ที่ได้จากตัวอย่างโครโมโซมนี้นั่นเอง

เมื่อพิจารณาลำดับการผลิตชิ้นส่วนของเครื่องจักรแต่ละเครื่องเป็นแผนภาพ Gantt Chart ดังแสดงในภาพประกอบ 4.3 พบว่าเครื่องจักรแต่ละเครื่องสามารถผลิตชิ้นส่วนได้ถูกต้องตามเงื่อนไข คือ ชิ้นส่วนที่ผลิตบนเครื่องจักรเดียวกัน และชิ้นส่วนเดียวกันที่ผลิตบนเครื่องจักรแต่ละเครื่องจะมีเวลาเริ่มต้นผลิตและเวลาผลิตเสร็จที่ไม่ขัดแย้งกันคือสามารถผลิตชิ้นส่วนแต่ละชิ้นได้สอดคล้องกันโดยที่เวลาในการผลิตไม่ทับซ้อนกัน เช่น ชิ้นส่วน 0103 มีขั้นตอนการผลิต 7 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกผลิตบนเครื่องจักร FA เริ่มต้นผลิตวินาทีที่ 0 ผลิตเสร็จวินาทีที่ 30 จากนั้นก็ผลิตขั้นตอนที่ 2 ด้วยเครื่องจักร JC เริ่มต้นผลิตวินาทีที่ 30 ผลิตเสร็จวินาทีที่ 60 จะเห็นได้ว่าเครื่องจักร JC ว่างตั้งแต่วินาทีที่ 0 แต่ก็ไม่สามารถผลิตชิ้นส่วน 0103 ได้ เนื่องจากชิ้นส่วน 0103 ผลิตขั้นตอนแรกยังไม่เสร็จซึ่งต้องรอให้ผลิตขั้นตอนแรกเสร็จก่อนคือวินาทีที่ 30 ดังนั้นจึงต้องจัดให้เครื่อง JC เริ่มต้นผลิตได้วินาทีที่ 30 ผลิตเสร็จวินาทีที่ 60 จากนั้นก็จะผลิตขั้นตอนถัดไปคือขั้นตอนที่ 3 ใช้เครื่องจักร NA เริ่มต้นผลิตวินาทีที่ 60 ผลิตเสร็จวินาทีที่ 84 ขั้นตอนที่ 4 เริ่มต้นผลิตวินาทีที่ 84 ผลิตเสร็จวินาทีที่ 102 ขั้นตอนที่ 5 เริ่มต้นผลิตวินาทีที่ 114 ผลิตเสร็จวินาทีที่ 144 ในขั้นตอนที่ 5 นี้จะเห็นได้ว่าชิ้นส่วน 0103 ผลิตขั้นตอนที่ 4 เสร็จตั้งแต่วินาทีที่ 102 แต่ก็ไม่สามารถผลิตขั้นตอนที่ 5 ได้ทันทีเนื่องจากเครื่องจักรที่ต้องใช้คือเครื่อง OA ยังไม่ว่างซึ่งต้องรอให้เครื่องว่างก่อนจึงจะผลิตได้ ในที่นี้เครื่องจะว่างวินาทีที่ 114 ดังนั้นจึงจัดให้ทำขั้นตอนที่ 5 ได้วินาทีที่ 114 ขั้นตอนที่ 6 และ 7 ก็พิจารณาเช่นเดียวกันนี้ ชิ้นส่วนอื่น ๆ ก็สามารถตรวจสอบได้เช่นเดียวกัน ซึ่งจากการตรวจสอบการจัดชิ้นส่วนเข้าเครื่องจักรในภาพประกอบ 4.3 พบว่าทุกชิ้นส่วนสามารถจัดเข้าเครื่องจักรได้ถูกต้องตามเงื่อนไขของเวลาที่ไม่ขัดแย้งกัน



ภาพประกอบ 4.3 แผนภาพ Gantt Chart แสดงลำดับการผลิตชิ้นส่วนของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง

4.1.1.3 การทดสอบการคำนวณเวลาเสร็จสิ้นการทำงานหรือค่า Makespan ในส่วนนี้จะเป็นการเปรียบเทียบค่า Makespan ที่โปรแกรมประมวลผลได้กับค่า Makespan ที่ได้จากวิธีการคำนวณด้วยมือ ซึ่งจากรายละเอียดของลำดับการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ในตาราง 4.6 นั้นคือผลที่ได้จากการจัดลำดับการผลิตโดยวิธีการคำนวณด้วยมือ พบว่าชิ้นส่วนสุดท้ายที่ผลิตเสร็จเป็นโต๊ะสำเร็จจะผลิตเสร็จวินาทีที่ 834 ซึ่งก็คือค่า Makespan ที่คำนวณได้เท่ากับ 834 วินาที ในส่วนของผลที่ได้จากการประมวลผลด้วยโปรแกรมนั้นพบว่าชิ้นส่วนโต๊ะสำเร็จจะผลิตเสร็จวินาทีที่ 834 เช่นกัน ดังแสดงในภาพประกอบ 4.4 จะเห็นได้ว่าผลที่ได้จากการคำนวณด้วยมือและผลที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจะให้ค่าผลลัพธ์หรือค่า Makespan ที่ตรงกัน นั่นแสดงว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีความถูกต้อง



ภาพประกอบ 4.4 ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

จากการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมทั้ง 3 ส่วนคือ การตรวจสอบเงื่อนไขการผลิตก่อนหลังของชิ้นส่วน การตรวจสอบเงื่อนไขการจัดชิ้นส่วนเข้าเครื่องจักร และการทดสอบการคำนวณ Makespan พบว่าทั้ง 3 ส่วนให้ผลถูกต้องตามเงื่อนไขที่ได้ออกแบบจึงกล่าวได้ว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้มีความถูกต้อง

4.1.2 การวิเคราะห์ความไวเพื่อหาค่าพารามิเตอร์เจเนติกอัลกอริทึมที่เหมาะสำหรับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) คือการศึกษาถึงผลกระทบที่มีต่อส่วนอื่น ๆ จากการเปลี่ยนแปลงส่วนใดส่วนหนึ่งของแบบจำลอง การวิเคราะห์หาว่าปัจจัยใดมีผลต่อฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ของแบบจำลอง จะกำหนดปัจจัยที่ต้องการทดสอบให้มีค่าเปลี่ยนแปลงไปแต่ควบคุมปัจจัยอื่น ๆ ให้คงที่ การวิเคราะห์ความไวจะบอกได้ว่าปัจจัยใดเป็นปัจจัยเสี่ยงที่ต้องระวังและพยายามควบคุมไม่ให้คลาดเคลื่อนมากจนเกินไปเพราะจะมีผลต่อฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ในเชิงลบ

ในการเลือกตัวแปรที่นำมาประเมินความไว โดยทั่วไปมักพิจารณาตัวแปรที่มีความสำคัญ และผู้วิเคราะห์ความไวไม่มีความมั่นใจในความถูกต้องของข้อมูลที่ได้มา และต้องการประเมินว่าหากข้อมูลตัวเลขหรือข้อสมมติที่ใช้มีความคลาดเคลื่อน จะทำให้ตัวเลขผลลัพธ์คำนวณได้แตกต่างไปจากค่าเดิมมากน้อยเพียงใด ในกรณีของตัวเลขมักจะใช้ค่าสูงสุดหรือค่าต่ำสุดที่มีความเป็นไปได้มาใช้เป็นตัวแทนเพื่อการคำนวณในการวิเคราะห์ความไว

สำหรับงานวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์ความไวของผลการวิจัยจากการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราโดยประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการหาคำตอบโดยการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ของเจเนติกอัลกอริทึมเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมหรับขนาดข้อมูลที่จะจัดลำดับการผลิตซึ่งจะส่งผลให้ได้คำตอบที่ดีที่สุดสำหรับข้อมูลนั้น ๆ โดยจะวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของคำตอบที่ดีที่สุดเมื่อค่าพารามิเตอร์ของเจเนติกอัลกอริทึมของโปรแกรมเปลี่ยนไป พารามิเตอร์ของเจเนติกอัลกอริทึมที่วิเคราะห์ได้แก่ จำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอเรชั่น โดยกำหนดขนาดของข้อมูลสำหรับประมวลผล ซึ่งขนาดของข้อมูลในที่นี้จะหมายถึงจำนวนยีนหรือจำนวนชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ประมวลผลโปรแกรมซึ่งกำหนดเป็น 4 ช่วง คือ

(1) จำนวนยีนน้อยกว่า 100 (ทดสอบด้วยจำนวนยีน 52 ยีน)

(2) จำนวนยีน 100-300 (ทดสอบด้วยจำนวนยีน 118 ยีน)

(3) จำนวนยีน 300-500 (ทดสอบด้วยจำนวนยีน 324 ยีน)

(4) จำนวนยีนมากกว่า 500 (ทดสอบด้วยจำนวนยีน 530 ยีน)

กำหนดค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ และค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น เท่ากับ 0.8 และ 0.2 ตามลำดับเป็นกรณีศึกษา สำหรับค่าพารามิเตอร์เจเนติกอัลกอริทึมที่ใช้ในการวิเคราะห์ในแต่ละช่วงยีนนั้นกำหนดเป็นดังนี้

(1) จำนวนประชากรเบื้องต้น ค่าที่วิเคราะห์คือ 5, 10 และ 20 โครโมโซม

(2) จำนวนเจนเนอเรชั่น ค่าที่วิเคราะห์คือ Initial, 2, 3, 4, …, 10 เจนเนอเรชั่น

ผลจากการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์เจเนติกอัลกอริทึมที่พิจารณาในแต่ละช่วงจำนวนยีนที่กำหนดเป็นดังนี้

4.1.2.1 ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ จำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอร์เรชั่น เมื่อจำนวนยีนน้อยกว่า 100 ยีน

สำหรับการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ จำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอร์เรชั่นเมื่อจำนวนยีนในการประมวลผลโปรแกรมน้อยกว่า 100 ยีนนั้นจะพิจารณาค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดที่เปลี่ยนไป ณ เจนเนอเรชั่นต่าง ๆ ตั้งแต่ Initial ไปจนถึงเจนเนอเรชั่นที่ 10 เมื่อพิจารณาจำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 5 10 และ 20 โครโมโซม ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตาราง 4.7

ตาราง 4.7 ค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุด (วินาที) ที่เปลี่ยนไป ณ เจนเนอเรชั่นต่าง ๆ เมื่อจำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 5 10 และ 20 โครโมโซม (จำนวนยีนน้อยกว่า 100 ยีน)

Pop	**Generation**									
Size	**Initial**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
5	63000	46750	46600	46550	46250	46250	46250	45950	45950	45950
10	63900	46900	46900	46000	46000	45950	45950	45950	45950	45950
20	64200	45750	45750	45700	45700	45700	45700	45600	45600	45600

จากตาราง 4.7 เมื่อพิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดในแต่ละเจนเนอเรชั่นเมื่อจำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 5 โครโมโซมพบว่าค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานมีแนวโน้มลดลงในแต่ละเจนเนอเรชั่นและลดลงต่ำสุดคงที่ ณ เจนเนอเรชั่นที่ 8 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 45,950 วินาที เมื่อเปรียบเทียบกับเจนเนอเรชั่นเริ่มต้นที่ยังไม่ผ่านกระบวนการเจเนติกอัลกอริทึมซึ่งมีค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานเท่ากับ 63,000 วินาที พบว่าค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดลดลง 17,050 วินาที คิดเป็น 27.06% ใช้เวลาในการประมวลผลโปรแกรม 76 นาที หรือ 1 ชั่วโมง 16 นาที

พิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดในแต่ละเจนเนอเรชั่นเมื่อจำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 10 โครโมโซมพบว่าค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานมีแนวโน้มลดลงในแต่ละเจนเนอเรชั่นและลดลงต่ำสุดคงที่ ณ เจนเนอเรชั่นที่ 6 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 45,950 วินาที เมื่อเปรียบเทียบกับเจนเนอเรชั่นเริ่มต้นที่ยังไม่ผ่านกระบวนการเจเนติกอัลกอริทึมซึ่งมีค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงาน

เท่ากับ 63,900 วินาที พบว่าค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดลดลง 17,950 วินาที คิดเป็น 28.09% ใช้เวลาในการประมวลผลโปรแกรม 148 นาที หรือ 2 ชั่วโมง 28 นาที

พิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดในแต่ละเจนเนอเรชั่นเมื่อจำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 20 โครโมโซมพบว่าค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานมีแนวโน้มลดลงในแต่ละเจนเนอเรชั่นและลดลงต่ำสุดคงที่ ณ เจนเนอเรชั่นที่ 8 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 45,600 วินาที เมื่อเปรียบเทียบกับเจนเนอเรชั่นเริ่มต้นที่ยังไม่ผ่านกระบวนการเจเนติกอัลกอริทึมซึ่งมีค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานเท่ากับ 64,200 วินาที พบว่าค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดลดลง 18,600 วินาที คิดเป็น 28.97% ใช้เวลาในการประมวลผลโปรแกรม 295 นาที หรือ 4 ชั่วโมง 55 นาที

จากผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ จำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอร์เรชั่น เมื่อจำนวนยีนน้อยกว่า 100 ยีน สามารถสรุปได้ดังตาราง 4.8

ตาราง 4.8 ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ จำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอเรชั่น เมื่อจำนวนยีนน้อยกว่า 100 ยีน

จำนวนประชากรเบื้องต้น	เวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุด (วินาที)	การลดลงของค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงาน (%)	เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบที่ดีที่สุด	เวลาในการประมวลผลโปรแกรม (นาที)
5	45,950	27.06	8	76
10	45,950	28.09	6	148
20	45,600	28.97	8	295

จากตาราง 4.8 เมื่อจำนวนประชากรเบื้องต้นเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดลดลง เปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานเพิ่มขึ้น และใช้เวลาในการประมวลผลโปรแกรมเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากรเบื้องต้น โดยการพิจารณาผลการวิเคราะห์ที่ได้นี้ขึ้นอยู่กับผู้วางแผนการผลิตว่าต้องการแผนการผลิตที่มีเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดที่มีค่าต่ำที่สุดแต่อาจใช้เวลาในการประมวลผลนาน หรือต้องการแผนการผลิตที่มีเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดที่ไม่ใช่ค่าต่ำที่สุดแต่ใช้เวลาในการประมวลผลเร็วขึ้น สำหรับงานวิจัยนี้จะพิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดเป็นวัตถุประสงค์หลักของการวิจัย ดังนั้นพารามิเตอร์ จำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอร์เรชั่นที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลที่มีจำนวนยีนน้อยกว่า 100 ยีน คือ จำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 20 โครโมโซม และจำนวนเจนเนอเรชั่น เท่ากับ 8 เจนเนอเรชั่น ซึ่งมีค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดเท่ากับ 45,600 วินาที

4.1.2.2 ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ จำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอร์เรชั่น เมื่อจำนวนยีน 100-300 ยีน

สำหรับการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ จำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอร์เรชั่นเมื่อจำนวนยีนในการประมวลผลโปรแกรม 100-300 ยีนนั้นจะพิจารณาค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดที่เปลี่ยนไป ณ เจนเนอเรชั่นต่าง ๆ ตั้งแต่ Initial ไปจนถึงเจนเนอเรชั่นที่ 10 เมื่อพิจารณาจำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 5, 10 และ 20 โครโมโซม ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตาราง 4.9

ตาราง 4.9 ค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุด (วินาที) ที่เปลี่ยนไป ณ เจนเนอเรชั่นต่าง ๆ เมื่อจำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 5, 10 และ 20 โครโมโซม (จำนวนยีน 100-300 ยีน)

Pop	**Generation**									
Size	**Initial**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
5	93000	58500	57500	57500	57400	57300	57300	57300	57300	57300
10	91200	59400	57900	57900	57900	57050	57000	56700	56700	56700
20	91200	58200	57600	56700	55200	55200	55200	54900	54900	54900

จากตาราง 4.9 เมื่อพิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดในแต่ละเจนเนอเรชั่นเมื่อจำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 5 โครโมโซมพบว่าค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานมีแนวโน้มลดลงในแต่ละเจนเนอเรชั่นและลดลงต่ำสุดคงที่ ณ เจนเนอเรชั่นที่ 6 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 57,300 วินาที เมื่อเปรียบเทียบกับเจนเนอเรชั่นเริ่มต้นที่ยังไม่ผ่านกระบวนการเจเนติกอัลกอริทึมซึ่งมีค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานเท่ากับ 93,000 วินาที พบว่าค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดลดลง 35,700 วินาที คิดเป็น 38.39% ใช้เวลาในการประมวลผลโปรแกรม 184 นาที หรือ 3 ชั่วโมง 4 นาที

พิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดในแต่ละเจนเนอเรชั่นเมื่อจำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 10 โครโมโซมพบว่าค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานมีแนวโน้มลดลงในแต่ละเจนเนอเรชั่นและลดลงต่ำสุดคงที่ ณ เจนเนอเรชั่นที่ 8 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 56,700 วินาที เมื่อเปรียบเทียบกับเจนเนอเรชั่นเริ่มต้นที่ยังไม่ผ่านกระบวนการเจเนติกอัลกอริทึมซึ่งมีค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานเท่ากับ 91,200 วินาที พบว่าค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดลดลง 34,500 วินาที คิดเป็น 37.83% ใช้เวลาในการประมวลผลโปรแกรม 368 นาที หรือ 6 ชั่วโมง 8 นาที

พิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดในแต่ละเจนเนอเรชั่นเมื่อจำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 20 โครโมโซมพบว่าค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานมีแนวโน้มลดลงในแต่ละเจนเนอ

เรชั่นและลดลงต่ำสุดคงที่ ณ เจนเนอเรชั่นที่ 8 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 54,900 วินาที เมื่อเปรียบเทียบกับเจนเนอเรชั่นเริ่มต้นที่ยังไม่ผ่านกระบวนการเจเนติกอัลกอริทึมซึ่งมีค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานเท่ากับ 91,200 วินาที พบว่าค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดลดลง 36,300 วินาที คิดเป็น 39.80% ใช้เวลาในการประมวลผลโปรแกรม 736 นาที หรือ 12 ชั่วโมง 16 นาที

จากผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ จำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอร์เรชั่น เมื่อจำนวนยีนเท่ากับ 100-300 ยีน สามารถสรุปได้ดังตาราง 4.10

ตาราง 4.10 ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ จำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอเรชั่น เมื่อจำนวนยีนเท่ากับ 100-300 ยีน

จำนวนประชากรเบื้องต้น	**เวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุด (วินาที)**	**การลดลงของค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงาน (%)**	**เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบที่ดีที่สุด**	**เวลาในการประมวลผลโปรแกรม (นาที)**
5	57,300	38.39%	6	184
10	56,700	37.83%	8	368
20	54,900	39.80%	8	736

จากตาราง 4.10 เมื่อจำนวนประชากรเบื้องต้นเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดลดลง เปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานเพิ่มขึ้นมากกว่ากรณีจำนวนยีนน้อยกว่า 100 ยีน และจำนวนยีน 100-300 ยีน และใช้เวลาในการประมวลผลโปรแกรมเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากรเบื้องต้น งานวิจัยนี้พิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดเป็นวัตถุประสงค์หลักของการวิจัย ดังนั้นพารามิเตอร์ จำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอเรชั่นที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลที่มีจำนวนยีนเท่ากับ 100-300 ยีน คือ จำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 20 โครโมโซม และจำนวนเจนเนอเรชั่น เท่ากับ 8 เจนเนอเรชั่น ซึ่งมีค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดเท่ากับ 54,900 วินาที

4.1.2.3 ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ จำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอร์เรชั่น เมื่อจำนวนยีน 300-500 ยีน

สำหรับการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ จำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอร์เรชั่นเมื่อจำนวนยีนในการประมวลผลโปรแกรม 300-500 ยีนนั้นจะพิจารณาค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดที่เปลี่ยนไป ณ เจนเนอเรชั่นต่าง ๆ ตั้งแต่ Initial ไปจนถึงเจนเนอเรชั่น

ที่ 10 เมื่อพิจารณาจำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 5, 10 และ 20 โครโมโซม ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตาราง 4.11

ตาราง 4.11 ค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุด (วินาที) ที่เปลี่ยนไป ณ เจนเนอเรชั่นต่าง ๆ เมื่อจำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 5, 10 และ 20 โครโมโซม (จำนวนยีน 300-500 ยีน)

Pop	**Generation**									
Size	**Initial**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
5	177000	70200	59700	59700	56700	56700	56200	56100	56100	56100
10	180600	74700	57700	57700	57250	57050	57050	56700	56700	56700
20	180300	60050	57900	56800	56350	56300	56300	56100	56100	56100

จากตาราง 4.11 เมื่อพิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดในแต่ละเจนเนอเรชั่น เมื่อจำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 5 โครโมโซมพบว่าค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานมีแนวโน้มลดลงในแต่ละเจนเนอเรชั่นและลดลงต่ำสุดคงที่ ณ เจนเนอเรชั่นที่ 8 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 56,100 วินาที เมื่อเปรียบเทียบกับเจนเนอเรชั่นเริ่มต้นที่ยังไม่ผ่านกระบวนการเจเนติกอัลกอริทึมซึ่งมีค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานเท่ากับ 177,000 วินาที พบว่าค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดลดลง 120,900 วินาที คิดเป็น 68.31% ใช้เวลาในการประมวลผลโปรแกรม 338 นาที หรือ 5 ชั่วโมง 38 นาที

พิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดในแต่ละเจนเนอเรชั่นเมื่อจำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 10 โครโมโซมพบว่าค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานมีแนวโน้มลดลงในแต่ละเจนเนอเรชั่นและลดลงต่ำสุดคงที่ ณ เจนเนอเรชั่นที่ 8 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 56,700 วินาที เมื่อเปรียบเทียบกับเจนเนอเรชั่นเริ่มต้นที่ยังไม่ผ่านกระบวนการเจเนติกอัลกอริทึมซึ่งมีค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานเท่ากับ 180,600 วินาที พบว่าค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดลดลง 123,900 วินาที คิดเป็น 68.60% ใช้เวลาในการประมวลผลโปรแกรม 680 นาที หรือ 11 ชั่วโมง 20 นาที

พิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดในแต่ละเจนเนอเรชั่นเมื่อจำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 20 โครโมโซมพบว่าค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานมีแนวโน้มลดลงในแต่ละเจนเนอเรชั่นและลดลงต่ำสุดคงที่ ณ เจนเนอเรชั่นที่ 8 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 56,100 วินาที เมื่อเปรียบเทียบกับเจนเนอเรชั่นเริ่มต้นที่ยังไม่ผ่านกระบวนการเจเนติกอัลกอริทึมซึ่งมีค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานเท่ากับ 180,300 วินาที พบว่าค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดลดลง 124,200 วินาที คิดเป็น 68.89% ใช้เวลาในการประมวลผลโปรแกรม 1,319 นาที หรือ 21 ชั่วโมง 59 นาที

จากผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ จำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอร์เรชั่น เมื่อจำนวนยีนเท่ากับ 300-500 ยีน สามารถสรุปได้ดังตาราง 4.12

ตาราง 4.12 ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ จำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอเรชั่น เมื่อจำนวนยีนเท่ากับ 300-500 ยีน

จำนวนประชากรเบื้องต้น	เวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุด (วินาที)	การลดลงของค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงาน (%)	เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบที่ดีที่สุด	เวลาในการประมวลผลโปรแกรม (นาที)
5	56,100	68.31%	8	338
10	56,700	68.60%	8	680
20	56,100	68.89%	8	1,319

จากตาราง 4.12 เมื่อจำนวนประชากรเบื้องต้นเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดลดลง เปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานเพิ่มขึ้นมากกว่ากรณีจำนวนยีนน้อยกว่า 100 ยีน และใช้เวลาในการประมวลผลโปรแกรมเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากรเบื้องต้น งานวิจัยนี้จะพิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดเป็นวัตถุประสงค์หลักของการวิจัย ดังนั้น พารามิเตอร์ จำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอเรชั่นที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลที่มีจำนวนยีนเท่ากับ 100-300 ยีน คือ จำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 20 โครโมโซม และจำนวนเจนเนอเรชั่น เท่ากับ 8 เจนเนอเรชั่น ซึ่งมีค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดเท่ากับ 56,100 วินาที

4.1.2.4 ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ จำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอร์เรชั่น เมื่อจำนวนยีนมากกว่า 500 ยีน

สำหรับการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ จำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอร์เรชั่นเมื่อจำนวนยีนในการประมวลผลโปรแกรมมากกว่า 500 ยีนนั้นจะพิจารณาค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดที่เปลี่ยนไป ณ เจนเนอเรชั่นต่าง ๆ ตั้งแต่ Initial ไปจนถึงเจนเนอเรชั่นที่ 10 เมื่อพิจารณาจำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 5, 10 และ 20 โครโมโซม ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตาราง 4.13

ตาราง 4.13 ค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุด (วินาที) ที่เปลี่ยนไป ณ เจนเนอเรชั่นต่าง ๆ เมื่อจำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 5, 10 และ 20 โครโมโซม (ยีนมากกว่า 500 ยีน)

Pop Size	Generation									
	Initial	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
5	270900	160950	157900	159600	159600	134750	104750	104700	104700	104700
10	296500	174090	175500	167050	142700	134750	116000	109600	104700	104700
20	290700	183500	179900	179900	159050	150700	121900	119500	100700	100700

จากตาราง 4.13 เมื่อพิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดในแต่ละเจนเนอเรชั่น เมื่อจำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 5 โครโมโซมพบว่าค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานมีแนวโน้มลดลงในแต่ละเจนเนอเรชั่นและลดลงต่ำสุดคงที่ ณ เจนเนอเรชั่นที่ 8 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 104,700 วินาที เมื่อเปรียบเทียบกับเจนเนอเรชั่นเริ่มต้นที่ยังไม่ผ่านกระบวนการเจเนติกอัลกอริทึมซึ่งมีค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานเท่ากับ 270,900 วินาที พบว่าค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดลดลง 166,200 วินาที คิดเป็น 61.35% ใช้เวลาในการประมวลผลโปรแกรม 695 นาที หรือ 11 ชั่วโมง 35 นาที

พิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดในแต่ละเจนเนอเรชั่น เมื่อจำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 10 โครโมโซมพบว่าค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานมีแนวโน้มลดลงในแต่ละเจนเนอเรชั่นและลดลงต่ำสุดคงที่ ณ เจนเนอเรชั่นที่ 9 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 104,700 วินาที เมื่อเปรียบเทียบกับเจนเนอเรชั่นเริ่มต้นที่ยังไม่ผ่านกระบวนการเจเนติกอัลกอริทึมซึ่งมีค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานเท่ากับ 296,500 วินาที พบว่าค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดลดลง 191,800 คิดเป็น 64.69% ใช้เวลาในการประมวลผลโปรแกรม 1,314 นาที หรือ 21 ชั่วโมง 54 นาที

พิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดในแต่ละเจนเนอเรชั่น เมื่อจำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 20 โครโมโซมพบว่าค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานมีแนวโน้มลดลงในแต่ละเจนเนอเรชั่นและลดลงต่ำสุดคงที่ ณ เจนเนอเรชั่นที่ 9 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 100,700 วินาที เมื่อเปรียบเทียบกับเจนเนอเรชั่นเริ่มต้นที่ยังไม่ผ่านกระบวนการเจเนติกอัลกอริทึมซึ่งมีค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานเท่ากับ 290,700 วินาที พบว่าค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดลดลง 190,000 วินาที คิดเป็น 65.36% ใช้เวลาในการประมวลผลโปรแกรม 2,728 นาที หรือ 45 ชั่วโมง 28 นาที

จากผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ จำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอร์เรชั่น เมื่อจำนวนยีนมากกว่า 500 ยีน สามารถสรุปได้ดังตาราง 4.14

ตาราง 4.14 ผลการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ จำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอเรชั่น เมื่อจำนวนยีนมากกว่า 500 ยีน

จำนวนประชากรเบื้องต้น	เวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุด (วินาที)	การลดลงของค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงาน (%)	เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบที่ดีที่สุด	เวลาในการประมวลผลโปรแกรม (นาที)
5	104,700	61.35	8	695
10	104,700	64.69	9	1,314
20	100,700	65.36	9	2,728

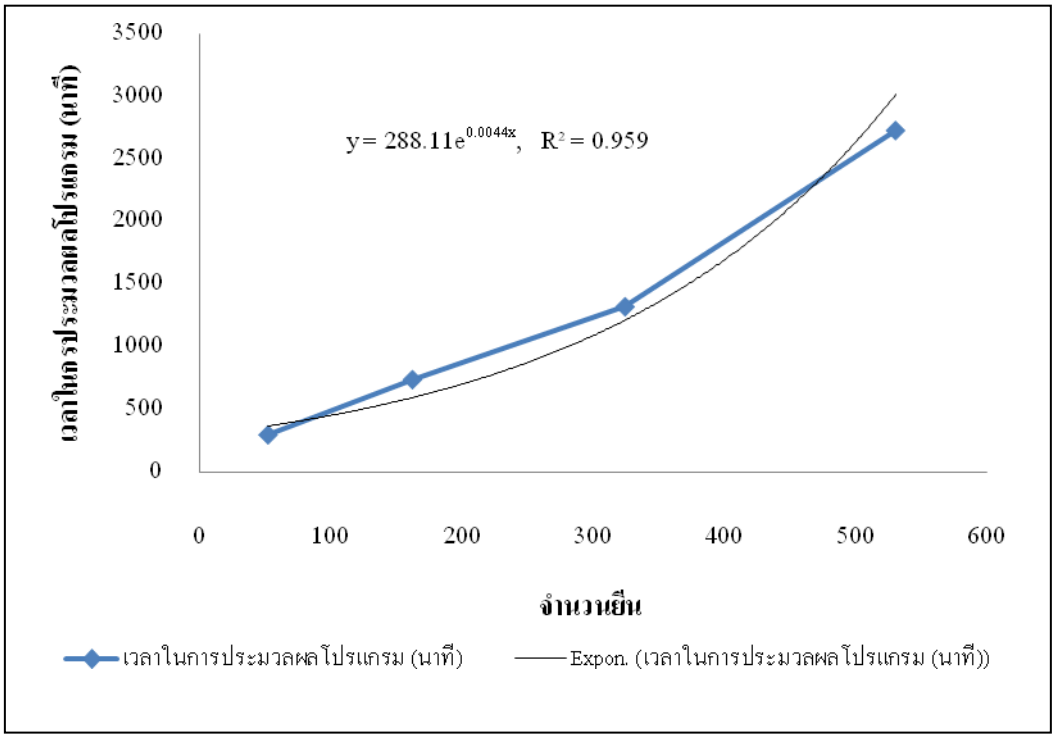
จากตาราง 4.14 เมื่อจำนวนประชากรเบื้องต้นเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดลดลงเช่นเดียวกับจำนวนยีนน้อยกว่า 100 ยีน และจำนวนยีน 100-300 ยีน เปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานมีค่ามากกว่ากรณีจำนวนยีนน้อยกว่า 100 ยีน แต่น้อยกว่าจำนวนยีน 100-300 ยีน ใช้เวลาในการประมวลผลโปรแกรมเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากรเบื้องต้น งานวิจัยนี้จะพิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดเป็นวัตถุประสงค์หลักของการวิจัย ดังนั้น พารามิเตอร์ จำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอเรชั่นที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลที่มีจำนวนยีนมากกว่า 500 ยีน คือ จำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 20 โครโมโซม และจำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 9 เจนเนอเรชั่น

กล่าวโดยสรุปสำหรับการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ จำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอร์เรชั่น เมื่อกำหนดจำนวนยีนน้อยกว่า 100, 100-300, 300-500 และมากกว่า 500 ยีน พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับจำนวนยีนในแต่ละช่วง เป็นดังตาราง 4.15

ตาราง 4.15 ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับจำนวนยีนในแต่ละช่วงจำนวนยีน

ช่วงจำนวนยีน	จำนวนประชากรเบื้องต้น (โครโมโซม)	จำนวนเจนเนอเรชั่น	เวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุด (วินาที)	การลดลงของค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงาน (%)	เวลาในการประมวลผลโปรแกรม (นาที)
น้อยกว่า 100	20	8	45600	28.97	295
100-300	20	8	54900	39.80	736
300-500	20	8	56100	68.89	1319
มากกว่า 500	20	9	100700	65.36	2728

จากตาราง 4.15 สรุปได้ว่าจำนวนประชากรเบื้องต้นที่เหมาะสมสำหรับแต่ละช่วงจำนวนยีน คือ 20 โครโมโซมโดยจำนวนประชากรที่มากขึ้นจะทำให้ค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดมีค่าลดลง จำนวนเจนเนอเรชั่นที่เหมาะสมสำหรับช่วงจำนวนยีนน้อยกว่า 100, 100-300 และ 300-500 ยีน คือ 8 เจนเนอเรชั่น และจำนวนยีนมากว่า 500 ยีน คือ 9 เจนเนอเรชั่น การลดลงของค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดเมื่อผ่านกระบวนเจเนติกอัลกอริทึม เมื่อจำนวนยีนน้อยกว่า 100 ยีน และจำนวนยีน 100-300 ยีน มีค่าเท่ากับ 28.97% และ 39.80% ตามลำดับ และมีค่าเท่ากับ 68.89% และ 65.36% เมื่อจำนวนยีน 300-500 และจำนวนยีนมากกว่า 500 ยีนตามลำดับ โดยจำนวนยีนจะมีผลต่อเวลาในการประมวลผลโปรแกรม คือจำนวนยีนที่มากขึ้นจะทำให้โปรแกรมใช้เวลาในการประมวลผลนานมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งอาจจะต้องมีการพัฒนาโปรแกรมนี้ต่อไปเพื่อให้โปรแกรมมีประสิทธิภาพในการทำงานมากที่สุด โดยกราฟแสดงการเพิ่มขึ้นของเวลาในการประมวลผลโปรแกรมเมื่อจำนวนยีนเพิ่มขึ้น (จำนวนยีนที่วิเคราะห์คือ 52, 118, 324 และ 530) แสดงได้ดังภาพประกอบ 4.5



ภาพประกอบ 4.5 การเพิ่มขึ้นของเวลาในการประมวลผลโปรแกรมเมื่อจำนวนยีนเพิ่มขึ้น

จากภาพประกอบ 4.5 กราฟแสดงการเพิ่มขึ้นของเวลาในการประมวลผลโปรแกรมเมื่อจำนวนยีนเพิ่มขึ้นซึ่งมีลักษณะการเพิ่มขึ้นของเวลาในการประมวลผลเป็นแบบเอ็กโปเนนเชียล แสดงเป็นสมการคือ $y = 288.11e^{0.0044x}$

4.2 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับแผนการผลิตเดิมของโรงงานกรณีศึกษา : พีพี พาราวูด จำกัด

จากการวิเคราะห์ความไวทำให้ทราบค่าพารามิเตอร์เจเนติกอัลกอริทึมที่เหมาะสมสำหรับแต่ละช่วงยีนซึ่งจะทำให้คำตอบมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับช่วงยีนดังกล่าว การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับแผนการผลิตเดิมของโรงงานกรณีศึกษาจะใช้ตัวอย่างข้อมูลแผนการผลิตจริงที่ได้จากโรงงาน ซึ่งข้อมูลที่ใช้ทดสอบเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์โปรแกรมเป็นดังตาราง 4.16

ตาราง 4.16 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ทดสอบเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์โปรแกรม

ผลิตภัณฑ์	ชื่อผลิตภัณฑ์	จำนวนชิ้นส่วน	จำนวนขั้นตอนการผลิต	จำนวนสั่งผลิต	ขนาดหน่วยผลิตภัณฑ์
01	ชุดเก้าอี้	26	214	160	160
02	ชุดหัวเตียง1	33	226	40	40
03	ชุดโต๊ะกาแฟ1	22	173	30	30
04	ชุดโต๊ะกาแฟ2	52	386	50	50
05	ชุดหัวเตียง2	12	115	35	35
06	ชุดท้ายเตียง	6	51	35	35
07	ชุดหน้าโต๊ะ(Desk)	43	261	60	60
08	ชุดเก้าอี้(Bar Stool)	20	134	100	100
09	ชุดเฟรมกระจก	15	103	75	75

จากตาราง 4.16 แสดงตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ทดสอบเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์โปรแกรมซึ่งประกอบด้วย 9 ผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ คือ ชุดเก้าอี้ ประกอบด้วย 26 ชิ้นส่วน ชุดหัวเตียง1 ประกอบด้วย 33 ชิ้นส่วน ชุดโต๊ะกาแฟ1 ประกอบด้วย 22 ชิ้นส่วน ชุดโต๊ะกาแฟ2 ประกอบด้วย 52 ชิ้นส่วน ชุดโต๊ะหัวเตียง2 ประกอบด้วย 22 ชิ้นส่วน ชุดท้ายเตียง ประกอบด้วย 6 ชิ้นส่วน ชุดหน้าโต๊ะ ประกอบด้วย 43 ชิ้นส่วน ชุดเก้าอี้ ประกอบด้วย 20 ชิ้นส่วน และชุดเฟรม

กระจก ประกอบด้วย 15 ชิ้นส่วน ดังนั้นจำนวนชิ้นส่วนหรือจำนวนยีนทั้งหมดในการผลิตสำหรับข้อมูลชุดนี้ คือ 229 (26+33+22+52+12+6+43+20+15) ยีน ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในช่วงจำนวนยีน 100-300 ยีน จากการวิเคราะห์ความไวค่าพารามิเตอรที่เหมาะสมสำหรับช่วงจำนวนยีนนี้ คือ จำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 20 โครโมโซม และจำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 8 ดำเนินการประมวลผลโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นดังข้อมูลที่กล่าวไปแล้วข้างต้นได้ผลเป็นดังตาราง 4.17 ซึ่งแสดงข้อมูลเวลาเสร็จสิ้นการทำงานที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรมเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ดังนี้

ตาราง 4.17 เวลาเสร็จสิ้นการทำงานที่ได้จากการประมวลผลโปรแกรมเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ (วินาที)

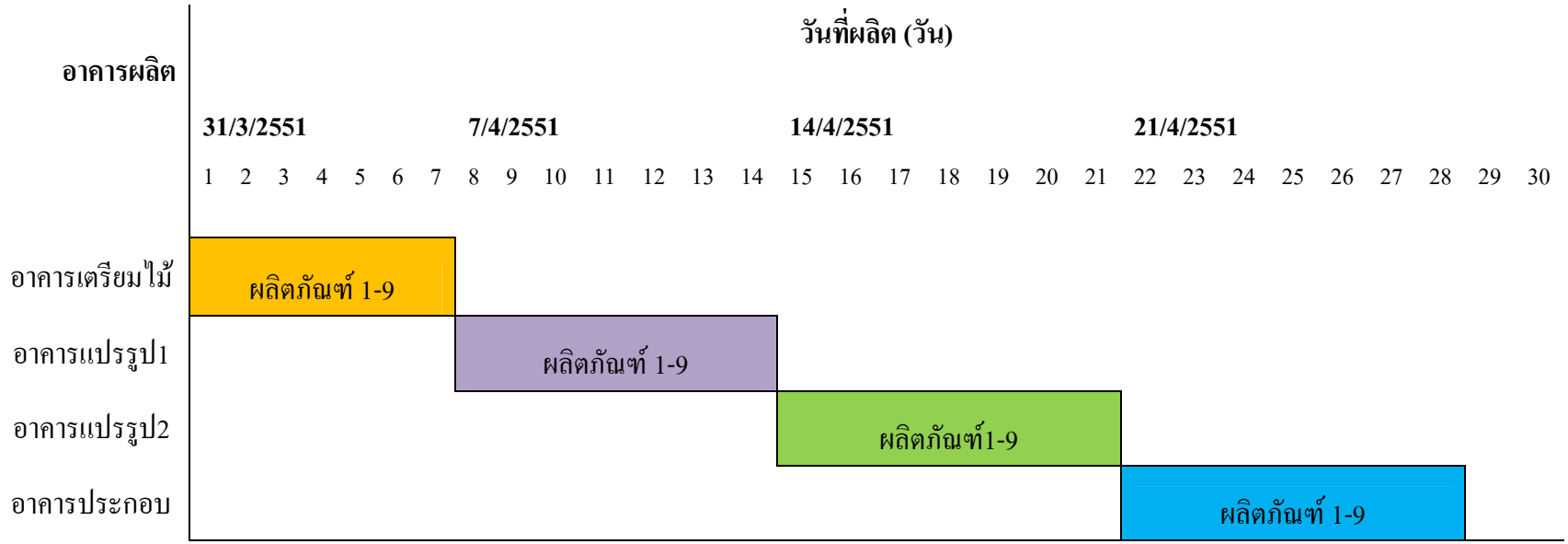
Chromosome	**Generation**							
	Initial	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
1	393390	329340	331830	332340	332670	332670	334890	334080
2	399340	331890	333000	327870	327870	334890	327780	329160
3	396940	329340	331470	332910	330930	332670	332820	329010
4	391470	329310	332190	329340	332910	332340	327630	328200
5	396420	334290	333450	332190	334890	327870	334350	332850
6	394290	332190	330750	333450	327820	327630	328200	332790
7	393000	332190	329340	332910	332340	333120	330750	334320
8	391230	333000	332910	331950	334230	334410	327870	332820
9	394080	331470	329310	330750	330750	330750	330750	334500
10	391890	333000	333000	333000	327650	334560	332430	327630
11	394450	329340	329340	329340	327870	327870	327780	327630
12	391470	339330	331830	330750	327820	332340	327630	328200
13	393000	334290	331360	330750	327820	334410	327630	327630
14	394080	333000	329440	332190	330750	327870	327870	328200
15	391470	329340	329340	332910	334890	327630	327630	327630
16	391890	329980	330750	332910	327870	327630	332430	329160
17	394080	331890	331360	329340	327870	327870	327780	329160
18	394080	329340	333000	333000	327870	332340	327630	327630
19	396940	329980	333000	332910	332910	330750	327780	327630
20	391470	329340	329340	329340	330750	327630	327630	329160
Min	391230	329310	329310	32787	327650	327630	327630	327630

จากตาราง 4.17 แสดงเวลาเสร็จสิ้นการทำงานที่ได้จากการประมวลผลโปรแกรม ซึ่งค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดของโครโมโซมในเจนเนอเรชั่นเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 331,230 วินาที เมื่อผ่านกระบวนการเจเนติกอัลกอริทึมซึ่งประมวลผล 8 เจนเนอเรชั่น จะได้ค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 327,630 วินาที ซึ่งลดลงจากเจนเนอเรชั่นเริ่มต้นที่ยังไม่ผ่านกระบวนการเจเนติกอัลกอริทึม 63,600 วินาที ใช้เวลาในการประมวลผล 940 นาที ดังนั้นแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้จะทำให้ได้เวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 327,630 วินาที หรือ 5,460 นาที 30 วินาที โดยแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นแสดงตัวอย่างในภาคผนวก ก ซึ่งเป็นตัวอย่างแผนการผลิตของผลิตภัณฑ์ชุดเก้าอี้

การเปรียบเทียบผลลัพธ์โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับแผนการผลิตเดิมของโรงงาน โดยพิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุด สามารถพิจารณาได้ดังนี้

เนื่องจากแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเป็นแผนการผลิตที่แสดงรายละเอียดการจัดลำดับงานให้กับเครื่องจักรแต่ละเครื่องโดยกำหนดเวลาเริ่มต้นผลิตและเวลาผลิตเสร็จตั้งแต่ขั้นตอนแรกไปจนถึงขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งเป็นแผนการผลิตที่เหมาะสมสำหรับโรงงานที่มีกระบวนการผลิตต่าง ๆ อยู่ภายในพื้นที่เดียวกัน

และเนื่องจากแผนการผลิตเดิมของโรงงานกรณีศึกษาเป็นแผนการผลิตตามอาคารผลิต กระบวนการผลิตต่าง ๆ จึงอยู่แยกออกไป การวางแผนการผลิตของโรงงานจึงกำหนดให้ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่จะผลิตซึ่งในที่นี้คือ 9 ผลิตภัณฑ์ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในตารางที่ 4.16 เข้าทำการผลิตในแต่ละอาคารผลิตตามลำดับ ซึ่งเรียงตามลำดับขั้นตอนการผลิตไว้แล้ว ได้แก่ อาคารเตรียมไม้ อาคารแปรรูป 1 อาคารแปรรูป 2 และอาคารประกอบ ตัวอย่างแผนการผลิตเดิมของโรงงาน (ผลิตภัณฑ์เก้าอี้) แสดงในภาคผนวก ข ซึ่งจากแผนการผลิตของโรงงานพบว่าใช้เวลาในการผลิตเสร็จเท่ากับ 28 วัน (กำหนดให้ 1 วันทำงานเท่ากับ 8 ชั่วโมง) เวลาที่ใช้ในการผลิตเสร็จของแต่ละอาคารคือ 7 วัน และใช้เวลาในการประมวลผลโปรแกรม 30 นาที แผนการผลิตเดิมของโรงงานกรณีศึกษาแสดงได้ดังภาพประกอบ 4.6



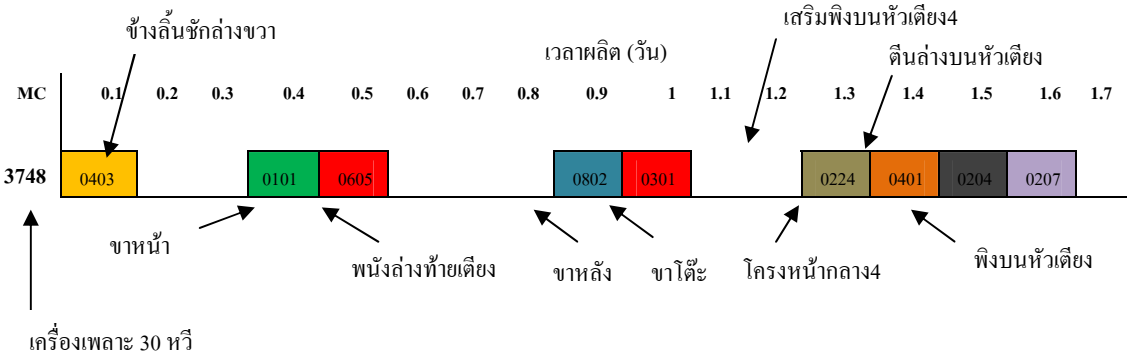
ภาพประกอบ 4.6 แผนการผลิตเดิมของโรงงานกรณีศึกษา

จากภาพประกอบ 4.6 แสดงแผนการผลิตเดิมของโรงงานซึ่งเป็นแผนการผลิตตามอาคารโดยกำหนดให้ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้ง 9 ชนิดพร้อมกัน เริ่มทำงานในอาคารเตรียมไม้ วันที่ 31/1/2551 ใช้เวลาในการผลิตเสร็จ 7 วัน จากนั้นจึงเข้าผลิตอาคารแปรรูป 1 วันที่ 7/4/2551 ใช้เวลาผลิตเสร็จอีก 7 วันจึงเข้าผลิตอาคารแปรรูป 2 วันที่ 14/4/2551 ใช้เวลาในการผลิตอีก 7 วันเช่นเดียวกัน และเข้าผลิตอาคารประกอบเป็นลำดับสุดท้ายซึ่งผลิตเสร็จวันที่ 21/4/2551 เป็นต้น

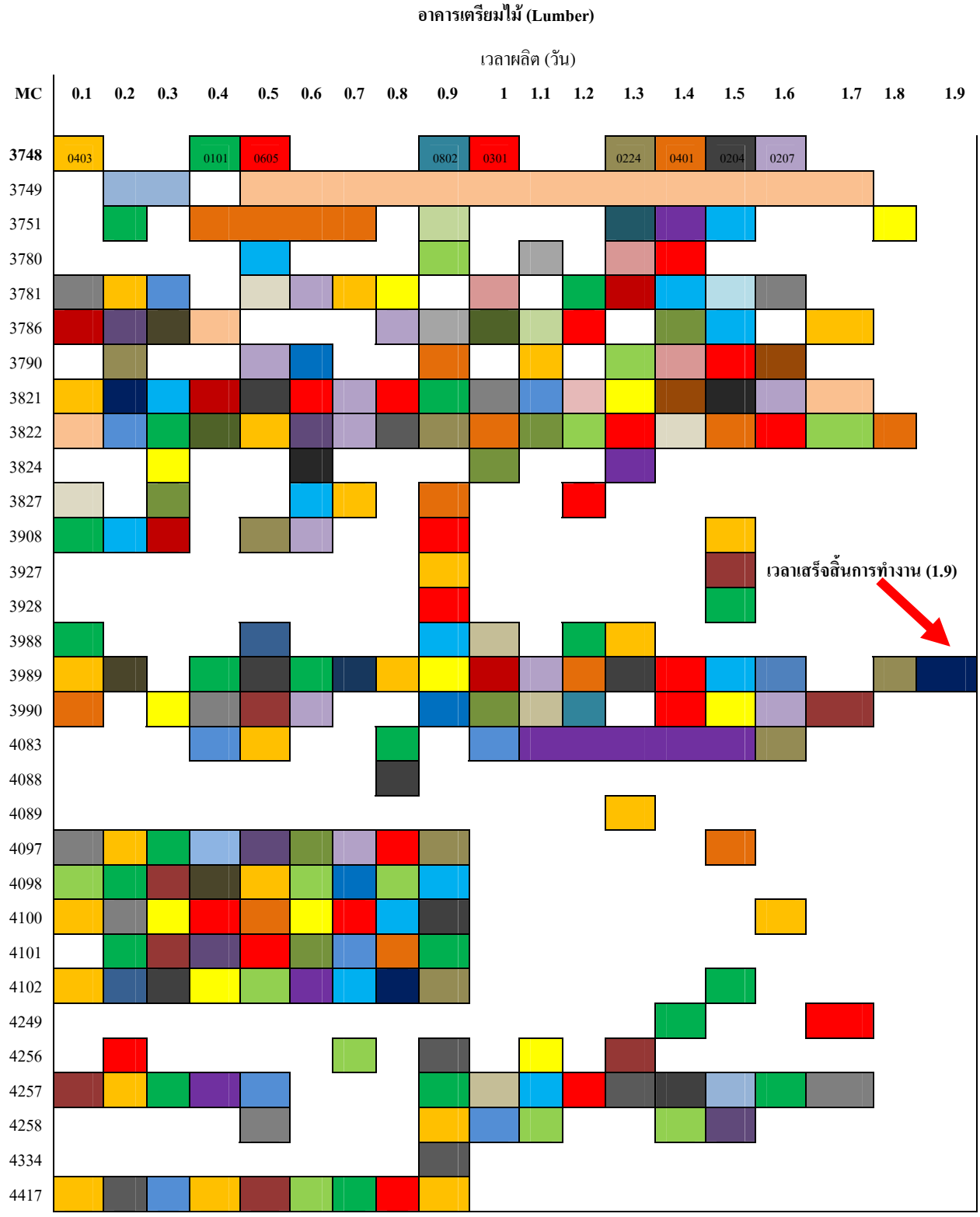
เพื่อให้การเปรียบเทียบโปรแกรมเป็นไปในลักษณะเดียวกัน ผู้วิจัยจึงทำการประมวลผลโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นทีละอาคารผลิตเพื่อหาค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานของแต่ละอาคาร ซึ่งให้ผลเป็นดังนี้

(1) อาคารเตรียมไม้ จากการประมวลผลโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นพบว่าโปรแกรมสามารถค้นหาลำดับการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ภายในอาคารเตรียมไม้ได้เวลาเสร็จสิ้นการทำงานทั้งหมด 1.9 วัน หรือ 1 วัน 7 ชั่วโมง ซึ่งแสดง Gantt Chart ในภาพประกอบ 4.8

จากภาพประกอบ 4.8 แสดงลำดับการจัดงานเข้าเครื่องจักรแต่ละเครื่องในอาคารเตรียมไม้ โดยแถบสีแต่ละสีบนเครื่องจักรแต่ละเครื่องจะแสดงรหัสของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของแต่ละผลิตภัณฑ์ที่ต้องผลิต ตัวอย่างเช่น รหัสเครื่องจักร 3748 หรือเครื่องเพลาะ 30 หวี จะต้องผลิตชิ้นส่วน 0403 หรือชิ้นส่วนข้างลิ้นชักล่างขวา เริ่มต้นผลิตจาก 0 ถึง 0.1 วัน ซึ่ง 0.1 วันเกิดจากการคำนวณเวลาเสร็จงานที่โปรแกรมประมวลผลได้จาก 3630 วินาที (3630/60/60/8 = 0.1) เป็นต้น ชิ้นส่วนอื่น ๆ ก็อ่านได้เช่นเดียวกันนี้จนครบทุกชิ้นส่วน ตัวอย่างการอ่านลำดับชิ้นส่วนที่ผลิตบนเครื่องเพลาะ 30 หวี เป็นดังภาพประกอบ 4.7 และเมื่อพิจารณาเครื่องจักรทุกเครื่องในอาคารเตรียมไม้พบว่าเวลาที่เครื่องจักรผลิตงานชิ้นสุดท้ายเสร็จ คือเครื่อง 3989 ซึ่งใช้เวลาผลิตเสร็จ 1.9 วัน หรือ 1 วัน 7 ชั่วโมง เป็นต้น ดังนั้นอาคารเตรียมไม้มีเวลาเสร็จสิ้นการทำงานเท่ากับ 1 วัน 7 ชั่วโมง



ภาพประกอบ 4.7 ตัวอย่างการอ่านลำดับชิ้นส่วนที่ผลิตบนเครื่องจักร (เครื่องเพลาะ 30 หวี)



ภาพประกอบ 4.8 ตัวอย่างแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจากอาคารเตรียมไม้

(2) อาคารแปรรูป1 จากการประมวลผลโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นพบว่าโปรแกรมสามารถค้นหาลำดับการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ภายในอาคารแปรรูป 1 ได้เวลาเสร็จสิ้นการทำงานทั้งหมด 4.3 วัน หรือ 4 วัน 2 ชั่วโมง ซึ่งแสดง Gantt Chart ในภาพประกอบ 4.9

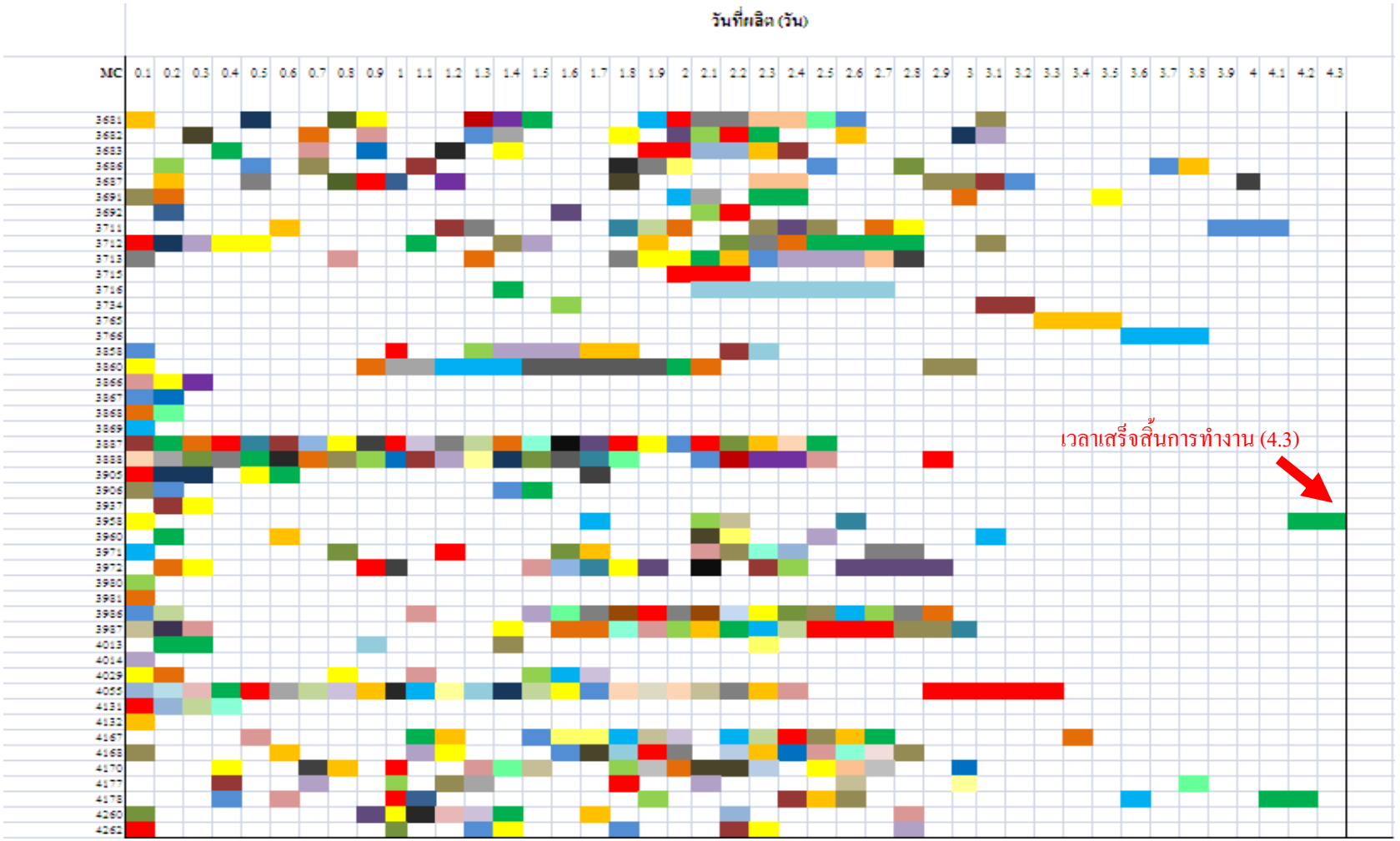
จากภาพประกอบ 4.9 แสดงลำดับการจัดงานเข้าเครื่องจักรแต่ละเครื่องในอาคารแปรรูป 1 และพิจารณาเวลาในการผลิตทั้งหมด เช่นเดียวกับอาคารเตรียมไม้ พบว่าเวลาที่เครื่องจักรผลิตงานชิ้นสุดท้ายเสร็จ คือเครื่อง 3989 ซึ่งใช้เวลาผลิตเสร็จ 4.3 วัน หรือ 4 วัน 2 ชั่วโมง เป็นต้น ดังนั้นอาคารแปรรูป 1 มีเวลาเสร็จสิ้นการทำงานเท่ากับ 4 วัน 2 ชั่วโมง

(3) อาคารแปรรูป 2 จากการประมวลผลโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นพบว่าโปรแกรมสามารถค้นหาลำดับการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ภายในอาคารแปรรูป2 ได้เวลาเสร็จสิ้นการทำงานทั้งหมด 3.6 วัน หรือ 3 วัน 5 ชั่วโมง ซึ่งแสดง Gantt Chart ในภาพประกอบ 4.10

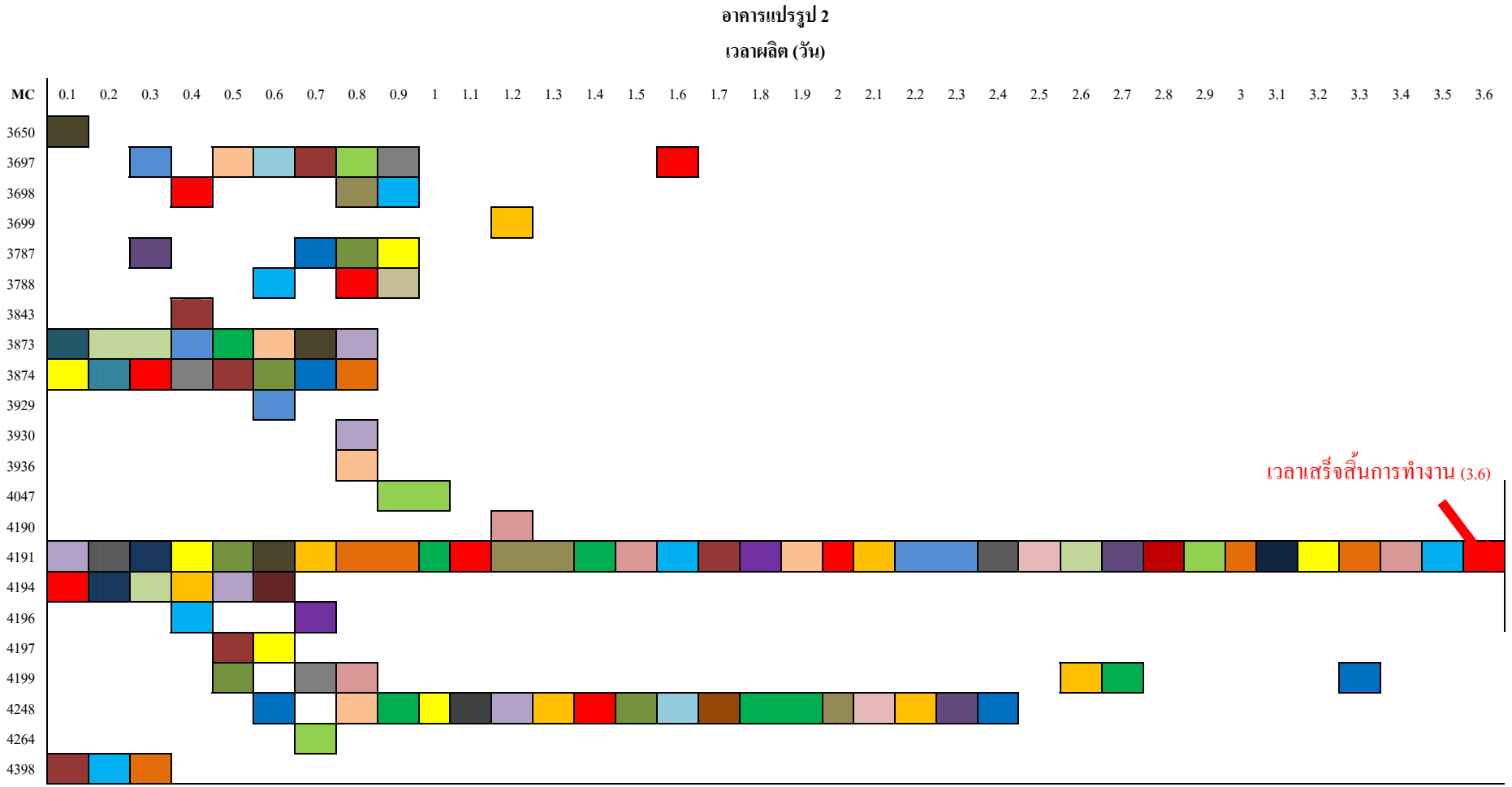
จากภาพประกอบ 4.10 แสดงลำดับการจัดงานเข้าเครื่องจักรแต่ละเครื่องในอาคารแปรรูป 2 และพิจารณาเวลาในการผลิตทั้งหมด เช่นเดียวกับอาคารเตรียมไม้และอาคารแปรรูป 1 พบว่าเวลาที่เครื่องจักรผลิตงานชิ้นสุดท้ายเสร็จ คือเครื่อง 4191 ซึ่งใช้เวลาผลิตเสร็จ 3.6 วัน หรือ 3 วัน 5 ชั่วโมง เป็นต้น ดังนั้นอาคารแปรรูป 2 มีเวลาเสร็จสิ้นการทำงานเท่ากับ 3 วัน 5 ชั่วโมง

(4) อาคารประกอบ จากการประมวลผลโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นพบว่าโปรแกรมสามารถค้นหาลำดับการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ภายในอาคารประกอบ ได้เวลาเสร็จสิ้นการทำงานทั้งหมด 3.2 วัน หรือ 3 วัน 2 ชั่วโมง ซึ่งแสดง Gantt Chart ในภาพประกอบ 4.11

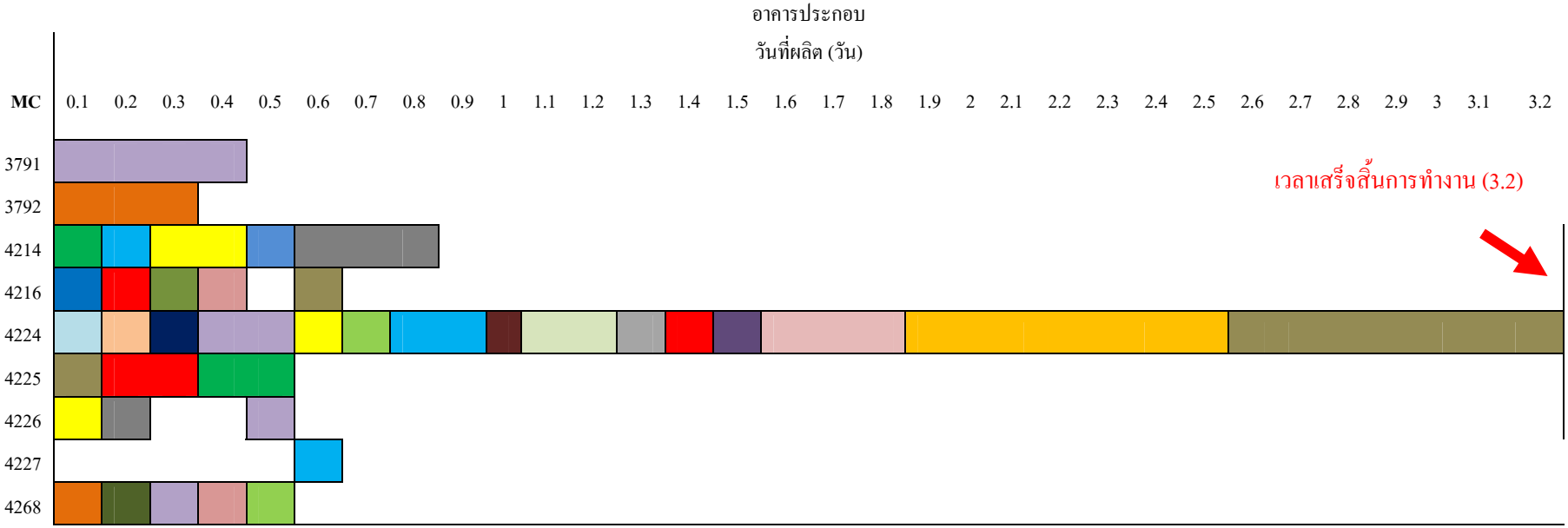
จากภาพประกอบ 4.11 แสดงลำดับการจัดงานเข้าเครื่องจักรแต่ละเครื่องในอาคารประกอบ และพิจารณาเวลาในการผลิตทั้งหมด เช่นเดียวกับอาคารเตรียมไม้ อาคารแปรรูป 1 และอาคารแปรรูป 2 พบว่าเวลาที่เครื่องจักรผลิตงานชิ้นสุดท้ายเสร็จ คือเครื่อง 4224 ซึ่งใช้เวลาผลิตเสร็จ 3.2 วัน หรือ 3 วัน 2 ชั่วโมง เป็นต้น ดังนั้นอาคารประกอบ มีเวลาเสร็จสิ้นการทำงานเท่ากับ 3 วัน 2 ชั่วโมง



ภาพประกอบ 4.9 ตัวอย่างแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจากอาคารแปรรูป 1

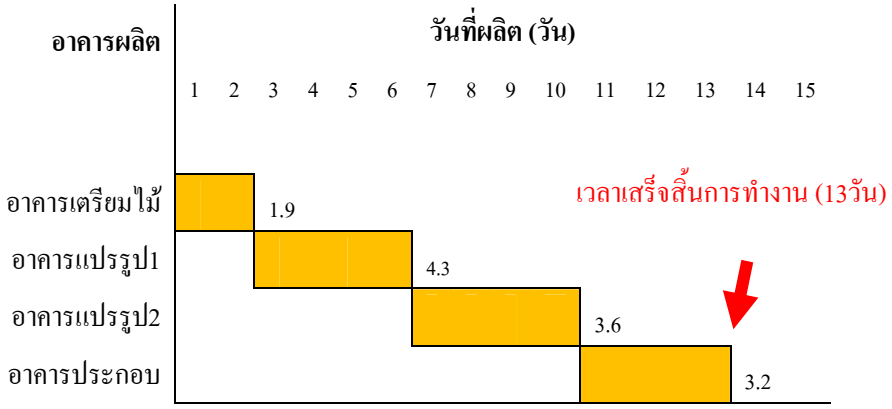


ภาพประกอบ 4.10 ตัวอย่างแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจากอาคารแปรรูป 2



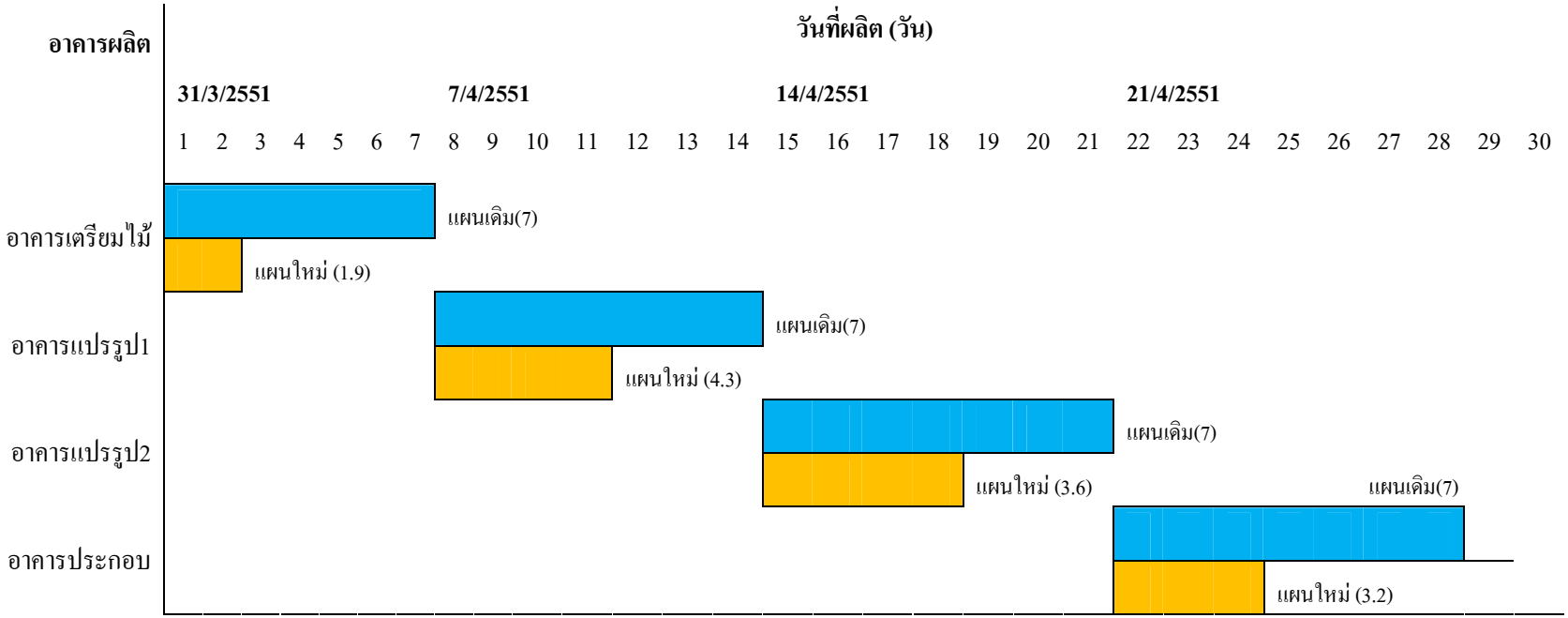
ภาพประกอบ 4.11 ตัวอย่างแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจากอาคารประกอบ

จากการประมวลผลโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นในแต่ละอาคารผลิตพบว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถค้นหาลำดับการผลิตที่ทำให้เวลาเสร็จสิ้นการทำงานในแต่ละอาคารผลิตเป็นดังนี้ อาคารเตรียมไม้มีค่าเท่ากับ 1 วัน 7 ชั่วโมง อาคารแปรรูป 1 มีค่าเท่ากับ 4 วัน 2 ชั่วโมง อาคารแปรรูป 2 มีค่าเท่ากับ 3 วัน 5 ชั่วโมง และอาคารประกอบมีค่าเท่ากับ 3 วัน 2 ชั่วโมง ดังนั้นจะใช้เวลาทั้งหมดในการผลิตเสร็จครบทุกอาคาร 13 วัน ใช้เวลาในการประมวลผล 14 ชั่วโมง ผลการเปรียบเทียบแผนการผลิตในแต่ละอาคารจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเป็นดังภาพประกอบ 4.12



ภาพประกอบ 4.12 แผนการผลิตในแต่ละอาคารจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

และเมื่อเปรียบเทียบแผนการผลิตที่ได้จากแผนการผลิตเดิมของโรงงานและแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นพบว่าแผนการผลิตเดิมของโรงงานมีเวลาเสร็จสิ้นการทำงานเท่ากับ 28 วัน ใช้เวลาประมวลผลโปรแกรม 30 นาที โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีเวลาเสร็จสิ้นการทำงานเท่ากับ 13 วันใช้เวลาประมวลผลโปรแกรม 14 ชั่วโมง ดังนั้นแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจึงมีประสิทธิภาพมากกว่าแผนการผลิตเดิม 15 วัน คิดเป็น 53% แต่ใช้เวลาในการประมวลผลนานซึ่งส่วนนี้เป็นข้อจำกัดของโปรแกรมที่ควรจะมีการปรับปรุงและพัฒนาต่อไป ผลการเปรียบเทียบแผนการผลิตเดิมของโรงงานและแผนการผลิตที่พัฒนาขึ้นแสดงได้ดังภาพประกอบ 4.13



ภาพประกอบ 4.13 ผลการเปรียบเทียบแผนการผลิตเดิมของโรงงานและแผนการผลิตที่พัฒนาขึ้น

การเปรียบเทียบแผนการผลิตเดิมของโรงงานกับแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนั้นไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้โดยตรงเนื่องจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเป็นโปรแกรมที่เหมาะสำหรับจัดลำดับชิ้นส่วนทุกชิ้นให้ทำการผลิตบนเครื่องจักรจนครบทุกขั้นตอนแล้วพิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานของชิ้นส่วนทั้งหมด ส่วนแผนการผลิตที่ได้จากโรงงานนั้นเป็นแผนการผลิตตามอาคารผลิตซึ่งพิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานในแต่ละอาคารเป็นอิสระต่อกันดังนั้นจึงไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้โดยตรงแม้ว่าผลจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์โปรแกรมที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้นจะพบว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าก็ตาม เพื่อให้การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้นจึงทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์โปรแกรมกับวิธีการจัดลำดับการผลิตโดยใช้กฎความสำคัญทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพจากค่าดัชนีชี้วัดต่าง ๆ

4.3 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับวิธีการจัดลำดับการผลิตโดยใช้กฎความสำคัญ

การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับวิธีการจัดลำดับการผลิตโดยใช้กฎความสำคัญนั้นจะนำเอากฎความสำคัญมาใช้จัดลำดับงานหรือชิ้นส่วน 3 วิธีด้วยกัน คือ มาก่อนได้รับบริการก่อน (FCFS) ทำงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน (SPT) และทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อน (LPT) ใช้ข้อมูลจากตาราง 4.1 ในการทดสอบผลลัพธ์ซึ่งมีจำนวนงานหรือชิ้นส่วนที่ต้องผลิตขั้นตอนต่าง ๆ เท่ากับ 87 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการจัดลำดับจากค่าดัชนีชี้วัดที่พิจารณา 3 ตัว คือ เวลาเฉลี่ยการแล้วเสร็จของงาน (Average Completion Time) คำนวณได้จากสมการที่ 2.1 ร้อยละการใช้ประโยชน์ (%Utilization) คำนวณได้จากสมการที่ 2.2 และจำนวนงานเฉลี่ยในระบบ (Average No. of Jobs in System) คำนวณได้จากสมการที่ 2.3

4.3.1 จัดลำดับการผลิตโดยใช้วิธีการเจเนติกอัลกอริทึม (โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น)

เป็นการจัดลำดับงานที่โปรแกรมประมวลผลได้ด้วยวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมตามลำดับ ให้ผลลัพธ์ดังตาราง 4.18 ดังนี้

ตาราง 4.18 ผลลัพธ์การจัดลำดับการผลิตโดยใช้วิธีการเจเนติกอัลกอริทึม

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (วินาที)	เวลาเริ่มต้นผลิต (วินาที)	เวลาผลิตเสร็จ (วินาที)
แผ่นข้าง	เจาะรู	3	0	30
หน้าโต๊ะ	เดินร่อง	12	0	30
พนังล่าง1	เจาะรูหัว-ท้าย	12	0	18

ตาราง 4.18 ผลลัพธ์การจัดลำดับการผลิตโดยใช้วิธีการเจเนติกอัลกอริทึม (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (วินาที)	เวลาเริ่มต้นผลิต (วินาที)	เวลาผลิตเสร็จ (วินาที)
พื้นโต๊ะ	ขัดคุมขนาด	12	0	30
พนังบน2	เจาะรูหัว-ท้าย	12	18	36
แผ่นหน้า	ขัดคุมขนาด	12	0	30
พนังบน1	เจาะรูหัว-ท้าย	12	36	54
ยึดแผงขา	เจาะรูหัว-ท้าย	18	54	72
พนังล่าง2	เจาะรูหัว-ท้าย	18	72	90
ขาโต๊ะ A	เจาะรูด้านหัว	18	90	102
ขาโต๊ะ B	เจาะรูด้านหัว	18	102	114
แผ่นข้าง	ขัดคุมขนาด	18	30	60
หน้าโต๊ะ	เจาะรูขนาด	18	30	33
พนังล่าง1	เจาะรูด้านบน	18	114	126
พื้นโต๊ะ	ลบเหลี่ยม	18	30	48
พนังบน2	ขัดคุมขนาด	18	36	66
แผ่นหน้า	ลบเหลี่ยม	18	30	54
พนังบน1	ขัดคุมขนาด	18	54	84
ยึดแผงขา	ขัดคุมขนาด	18	72	102
พนังล่าง2	เจาะรูด้านบน	18	126	138
ขาโต๊ะ A	เจาะรูข้าง	18	102	114
ขาโต๊ะ B	เจาะรูข้าง	18	114	126
แผ่นข้าง	ลบเหลี่ยม	18	60	84
หน้าโต๊ะ	ขัดคุมขนาด	18	66	96
พนังล่าง1	ขัดคุมขนาด	18	126	156
พื้นโต๊ะ	พ่นรองพื้น	24	48	78
พนังบน2	ลบเหลี่ยม	24	66	84
แผ่นหน้า	พ่นรองพื้น 2 ด้าน	24	54	84
พนังบน1	ลบเหลี่ยม	24	84	102
ยึดแผงขา	ลบเหลี่ยม	24	102	126
พนังล่าง2	ขัดคุมขนาด	24	138	168
ขาโต๊ะ A	ขัดคุมขนาด	24	114	144
ขาโต๊ะ B	ขัดคุมขนาด	24	144	174
แผ่นข้าง	พ่นรองพื้น	24	84	102
หน้าโต๊ะ	ลบเหลี่ยม	30	102	126

ตาราง 4.18 ผลลัพธ์การจัดลำดับการผลิตโดยใช้วิธีการเจเนติกอัลกอริทึม (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (วินาที)	เวลาเริ่มต้นผลิต (วินาที)	เวลาผลิตเสร็จ (วินาที)
พนังล่าง1	ลบเหลี่ยม	30	156	180
พื้นโต๊ะ	ประกอบกล่อง	30	78	108
พนังบน2	พ่นรองพื้น	30	84	114
แผ่นหน้า	ขัดลูบผิวด้านนอก	30	84	114
พนังบน1	พ่นรองพื้น	30	102	132
ยึดแผงขา	พ่นรองพื้น	30	126	150
พนังล่าง2	ลบเหลี่ยม	30	168	192
ขาโต๊ะ A	ลบเหลี่ยม	30	180	204
ขาโต๊ะ B	ลบเหลี่ยม	30	192	216
แผ่นข้าง	ขัดลูบผิวด้านนอก	30	114	144
หน้าโต๊ะ	พ่นรองพื้น1	30	132	150
พนังล่าง1	พ่นรองพื้น	30	180	198
พนังบน2	ขัดลูบผิว 2 ด้าน	30	144	186
แผ่นหน้า	พ่นทับหน้า	30	150	168
พนังบน1	ขัดลูบผิว 2 ด้าน	30	186	228
ยึดแผงขา	ขัดลูบผิว 4 ด้าน	30	228	258
พนังล่าง2	พ่นรองพื้น	30	192	210
ขาโต๊ะ A	พ่นรองพื้น	30	204	222
ขาโต๊ะ B	พ่นรองพื้น	30	216	234
แผ่นข้าง	พ่นทับหน้า 1 ด้าน	30	222	252
หน้าโต๊ะ	ขัดลูบผิว1	30	258	288
พนังล่าง1	ขัดลูบผิว 4 ด้าน	30	288	336
พนังบน2	พ่นทับหน้า 2 ด้าน	30	234	264
แผ่นหน้า	ประกอบกล่อง	30	168	210
พนังบน1	พ่นทับหน้า 2 ด้าน	30	252	282
ยึดแผงขา	พ่นทับหน้า 4 ด้าน	30	264	294
พนังล่าง2	ขัดลูบผิว 4 ด้าน	30	336	384
ขาโต๊ะ A	ขัดลูบผิว	30	384	414
ขาโต๊ะ B	ขัดลูบผิว	30	414	444
แผ่นข้าง	ประกอบกล่อง	30	252	294
หน้าโต๊ะ	พ่นรองพื้น2	30	288	306
พนังล่าง1	พ่นทับหน้า 4 ด้าน	30	336	366

ตาราง 4.18 ผลลัพธ์การจัดลำดับการผลิตโดยใช้วิธีการเจเนติกอัลกอริทึม (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (วินาที)	เวลาเริ่มต้นผลิต (วินาที)	เวลาผลิตเสร็จ (วินาที)
พนังบน2	ประกอบเฟรม	30	264	294
พนังบน1	ประกอบเฟรม	30	294	324
ยึดแผงขา	ประกอบเฟรม	30	294	324
พนังล่าง2	พ่นทับหน้า 4 ด้าน	30	384	414
ขาโต๊ะ A	พ่นทับหน้า	30	414	444
ขาโต๊ะ B	พ่นทับหน้า	30	444	474
หน้าโต๊ะ	ขัดลูบผิว2	30	444	474
พนังล่าง1	ประกอบเฟรม	30	366	396
ชุดกล่อง	ประกอบชุดกล่อง	42	324	384
พนังล่าง2	ประกอบเฟรม	42	414	444
ขาโต๊ะ A	ประกอบเฟรม	42	444	474
ขาโต๊ะ B	ประกอบเฟรม	42	474	504
หน้าโต๊ะ	พ่นทับหน้า1	42	474	492
แผงขาขวา	ประกอบแผงขาขวา	48	504	612
แผงขาซ้าย	ประกอบแผงขาซ้าย	48	504	612
ชุดแผงขา	ประกอบชุดแผงขา	60	612	684
หน้าโต๊ะ	ขัดลูบผิว3	72	492	522
หน้าโต๊ะ	พ่นทับหน้า2	108	522	540
หน้าโต๊ะ	ประกอบสำเร็จ	108	612	654
โต๊ะสำเร็จ	ประกอบโต๊ะสำเร็จ	150	684	**834**
Total		**2649**	**17874**	**20523**
Genetic Algorithm				
Average Completion Time (คำนวณตามสมการที่ 2.1)		**=** $\frac{20523}{87}$	**=**	**235.9 sec**
%Utilization (คำนวณตามสมการที่ 2.2)		**=** $\frac{2649}{20523}$	**=**	**13%**
Average No. of Jobs in System (คำนวณตามสมการที่ 2.3)		**=** $\frac{20523}{2649}$	**=**	**7.7 Jobs**

4.3.2 จัดลำดับการผลิตโดยใช้กฎ FCFS

เป็นการจัดลำดับงานโดยให้ทำงานที่เข้ามาก่อนเป็นลำดับแรกและทำงานที่เข้ามาทีหลังเป็นลำดับถัดไป จากข้อมูลในตาราง 4.1 แสดงลำดับชิ้นส่วนที่จะทำการผลิตในแต่ละขั้นตอน ซึ่งก็คือลำดับของงานที่จะจัดให้ทำตามลำดับ การจัดงานแบบ FCFS ให้ผลลัพธ์ดังตาราง 4.19 ดังนี้

ตาราง 4.19 ผลลัพธ์การจัดลำดับการผลิตโดยใช้กฎ FCFS

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (วินาที)	เวลาในการทำงานบวกด้วยเวลาที่สูญเสียไป (Flow Time) (วินาที)
หน้าโต๊ะ	เดินร่อง	30	30
	เจาะรู	3	33
	ขัดคุมขนาด	30	63
	ลบเหลี่ยม	24	87
	พ่นรองพื้น1	18	105
	ขัดลูบผิว1	30	135
	พ่นรองพื้น2	18	153
	ขัดลูบผิว2	30	183
	พ่นทับหน้า1	18	201
	ขัดลูบผิว3	30	231
	พ่นทับหน้า2	18	249
	ประกอบสำเร็จ	42	291
แผ่นหน้า	ขัดคุมขนาด	30	321
	ลบเหลี่ยม	24	345
	พ่นรองพื้น 2 ด้าน	30	375
	ขัดลูบผิวด้านนอก	30	405
	พ่นทับหน้า	18	423
	ประกอบกล่อง	42	465
แผ่นข้าง	เจาะรู	30	495
	ขัดคุมขนาด	30	525
	ลบเหลี่ยม	24	549
	พ่นรองพื้น	18	567
	ขัดลูบผิวด้านนอก	30	597
	พ่นทับหน้า 1 ด้าน	30	627
	ประกอบกล่อง	42	669
พื้นโต๊ะ	ขัดคุมขนาด	30	699
	ลบเหลี่ยม	18	717
	พ่นรองพื้น	30	747
	ประกอบกล่อง	30	777
ขาโต๊ะ A	เจาะรูด้านหัว	12	789
	เจาะรูข้าง	12	801
	ขัดคุมขนาด	30	831
	ลบเหลี่ยม	24	855
	พ่นรองพื้น	18	873
	ขัดลูบผิว	30	903
	พ่นทับหน้า	30	933

ตาราง 4.19 ผลลัพธ์การจัดลำดับการผลิตโดยใช้กฎ FCFS (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (วินาที)	เวลาในการทำงานบวกด้วยเวลาที่สูญเสียไป (Flow Time) (วินาที)
	ประกอบเฟรม	30	963
ขาโต๊ะ B	เจาะรูด้านหัว	12	975
	เจาะรูข้าง	12	987
	ขัดคุมขนาด	30	1017
	ลบเหลี่ยม	24	1041
	พ่นรองพื้น	18	1059
	ขัดลูบผิว	30	1089
	พ่นทับหน้า	30	1119
	ประกอบเฟรม	30	1149
พนังบน1	เจาะรูหัว-ท้าย	18	1167
	ขัดคุมขนาด	30	1197
	ลบเหลี่ยม	18	1215
	พ่นรองพื้น	30	1245
	ขัดลูบผิว 2 ด้าน	42	1287
	พ่นทับหน้า 2 ด้าน	30	1317
	ประกอบเฟรม	30	1347
พนังบน2	เจาะรูหัว-ท้าย	18	1365
	ขัดคุมขนาด	30	1395
	ลบเหลี่ยม	18	1413
	พ่นรองพื้น	30	1443
	ขัดลูบผิว 2 ด้าน	42	1485
	พ่นทับหน้า 2 ด้าน	30	1515
	ประกอบเฟรม	30	1545
พนังล่าง1	เจาะรูหัว-ท้าย	18	1563
	เจาะรูด้านบน	12	1575
	ขัดคุมขนาด	30	1605
	ลบเหลี่ยม	24	1629
	พ่นรองพื้น	18	1647
	ขัดลูบผิว 4 ด้าน	48	1695
	พ่นทับหน้า 4 ด้าน	30	1725
	ประกอบเฟรม	30	1755
พนังล่าง2	เจาะรูหัว-ท้าย	18	1773
	เจาะรูด้านบน	12	1785
	ขัดคุมขนาด	30	1815
	ลบเหลี่ยม	24	1839
	พ่นรองพื้น	18	1857

ตาราง 4.19 ผลลัพธ์การจัดลำดับการผลิตโดยใช้กฎ FCFS (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (วินาที)	เวลาในการทำงานบวกด้วยเวลาที่สูญเสียไป (Flow Time) (วินาที)
	ขัดลูบผิว 4 ด้าน	48	1905
	พ่นทับหน้า 4 ด้าน	30	1935
	ประกอบเฟรม	30	1965
ยึดแผงขา	เจาะรูหัว-ท้าย	18	1983
	ขัดคุมขนาด	30	2013
	ลบเหลี่ยม	24	2037
	พ่นรองพื้น	24	2061
	ขัดลูบผิว 4 ด้าน	30	2091
	พ่นทับหน้า 4 ด้าน	30	2121
	ประกอบเฟรม	30	2151
แผงขาขวา (ประกอบเฟรม)	ประกอบแผงขาขวา	108	2259
แผงขาซ้าย (ประกอบเฟรม)	ประกอบแผงขาซ้าย	108	2367
ชุดกล่อง	ประกอบชุดกล่อง	60	2427
ชุดแผงขา (ประกอบเฟรม)	ประกอบชุดแผงขา	72	2499
โต๊ะสำเร็จ	ประกอบสำเร็จเป็นโต๊ะ	150	2649
Total		**2649**	**100110**
FCFS			
Average Completion Time (คำนวณตามสมการที่ 2.1)	**=**	$\frac{100110}{87}$	**= 1150.7 sec**
%Utilization (คำนวณตามสมการที่ 2.2)	**=**	$\frac{2649}{100110}$	**= 3%**
Average No. of Jobs in System (คำนวณตามสมการที่ 2.3)	**=**	$\frac{100110}{2649}$	**= 37.8 Jobs**

4.3.3 จัดลำดับการผลิตโดยใช้กฎ SPT

เป็นการจัดลำดับงานโดยให้ทำงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อนแล้วจึงค่อยทำงานที่ใช้เวลามากเป็นลำดับถัดไป จากข้อมูลในตาราง 4.1 ทำการเรียงลำดับงานที่มีเวลาในการผลิตจากน้อยไปมากตามลำดับ ลำดับงานที่ได้ใหม่นี้คือลำดับของงานที่จะจัดให้ทำตามลำดับ การจัดงานแบบ SPT ให้ผลดังตาราง 4.20 ดังนี้

ตาราง 4.20 ผลลัพธ์การจัดลำดับการผลิตโดยใช้กฎ SPT

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (วินาที)	เวลาในการทำงานบวกด้วยเวลาที่สูญเสียไป (Flow Time) (วินาที)
หน้าโต๊ะ	เจาะรู	3	3
ขาโต๊ะ A	เจาะรูด้านหัว	12	15
ขาโต๊ะ A	เจาะรูข้าง	12	27
ขาโต๊ะ B	เจาะรูด้านหัว	12	39
ขาโต๊ะ B	เจาะรูข้าง	12	51
พนังล่าง1	เจาะรูด้านบน	12	63
พนังล่าง2	เจาะรูด้านบน	12	75
หน้าโต๊ะ	พ่นรองพื้น1	18	93
หน้าโต๊ะ	พ่นรองพื้น2	18	111
หน้าโต๊ะ	พ่นทับหน้า1	18	129
หน้าโต๊ะ	พ่นทับหน้า2	18	147
แผ่นหน้า	พ่นทับหน้า	18	165
แผ่นข้าง	พ่นรองพื้น	18	183
พื้นโต๊ะ	ลบเหลี่ยม	18	201
ขาโต๊ะ A	พ่นรองพื้น	18	219
ขาโต๊ะ B	พ่นรองพื้น	18	237
พนังบน1	เจาะรูหัว-ท้าย	18	255
พนังบน1	ลบเหลี่ยม	18	273
พนังบน2	เจาะรูหัว-ท้าย	18	291
พนังบน2	ลบเหลี่ยม	18	309
พนังล่าง1	เจาะรูหัว-ท้าย	18	327
พนังล่าง1	พ่นรองพื้น	18	345
พนังล่าง2	เจาะรูหัว-ท้าย	18	363
พนังล่าง2	พ่นรองพื้น	18	381
ยึดแผงขา	เจาะรูหัว-ท้าย	18	399
หน้าโต๊ะ	ลบเหลี่ยม	24	423
แผ่นหน้า	ลบเหลี่ยม	24	447
แผ่นข้าง	ลบเหลี่ยม	24	471
ขาโต๊ะ A	ลบเหลี่ยม	24	495
ขาโต๊ะ B	ลบเหลี่ยม	24	519
พนังล่าง1	ลบเหลี่ยม	24	543
พนังล่าง2	ลบเหลี่ยม	24	567
ยึดแผงขา	ลบเหลี่ยม	24	591
ยึดแผงขา	พ่นรองพื้น	24	615

ตาราง 4.20 ผลลัพธ์การจัดลำดับการผลิตโดยใช้กฎ SPT (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (วินาที)	เวลาในการทำงานบวกด้วยเวลาที่สูญเสียไป (Flow Time) (วินาที)
หน้าโต๊ะ	เดินร่อง	30	645
หน้าโต๊ะ	ขัดคุมขนาด	30	675
หน้าโต๊ะ	ขัดลูบผิว1	30	705
หน้าโต๊ะ	ขัดลูบผิว2	30	735
หน้าโต๊ะ	ขัดลูบผิว3	30	765
แผ่นหน้า	ขัดคุมขนาด	30	795
แผ่นหน้า	พ่นรองพื้น 2 ด้าน	30	825
แผ่นหน้า	ขัดลูบผิวด้านนอก	30	855
แผ่นข้าง	เจาะรู	30	885
แผ่นข้าง	ขัดคุมขนาด	30	915
แผ่นข้าง	ขัดลูบผิวด้านนอก	30	945
แผ่นข้าง	พ่นทับหน้า 1 ด้าน	30	975
พื้นโต๊ะ	ขัดคุมขนาด	30	1005
พื้นโต๊ะ	พ่นรองพื้น	30	1035
พื้นโต๊ะ	ประกอบกล่อง	30	1065
ขาโต๊ะ A	ขัดคุมขนาด	30	1095
ขาโต๊ะ A	ขัดลูบผิว	30	1125
ขาโต๊ะ A	พ่นทับหน้า	30	1155
ขาโต๊ะ A	ประกอบเฟรม	30	1185
ขาโต๊ะ B	ขัดคุมขนาด	30	1215
ขาโต๊ะ B	ขัดลูบผิว	30	1245
ขาโต๊ะ B	พ่นทับหน้า	30	1275
ขาโต๊ะ B	ประกอบเฟรม	30	1305
พนังบน1	ขัดคุมขนาด	30	1335
พนังบน1	พ่นรองพื้น	30	1365
พนังบน1	พ่นทับหน้า 2 ด้าน	30	1395
พนังบน1	ประกอบเฟรม	30	1425
พนังบน2	ขัดคุมขนาด	30	1455
พนังบน2	พ่นรองพื้น	30	1485
พนังบน2	พ่นทับหน้า 2 ด้าน	30	1515
พนังบน2	ประกอบเฟรม	30	1545
พนังล่าง1	ขัดคุมขนาด	30	1575
พนังล่าง1	พ่นทับหน้า 4 ด้าน	30	1605
พนังล่าง1	ประกอบเฟรม	30	1635
พนังล่าง2	ขัดคุมขนาด	30	1665
พนังล่าง2	พ่นทับหน้า 4 ด้าน	30	1695

ตาราง 4.20 ผลลัพธ์การจัดลำดับการผลิตโดยใช้กฎ SPT (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (วินาที)	เวลาในการทำงานบวกด้วยเวลาที่สูญเสียไป (Flow Time) (วินาที)
พนังล่าง2	ประกอบเฟรม	30	1725
ยึดแผงขา	ขัดคุมขนาด	30	1755
ยึดแผงขา	ขัดลูบผิว 4 ด้าน	30	1785
ยึดแผงขา	พ่นทับหน้า 4 ด้าน	30	1815
ยึดแผงขา	ประกอบเฟรม	30	1845
หน้าโต๊ะ	ประกอบสำเร็จ	42	1887
แผ่นหน้า	ประกอบกล่อง	42	1929
แผ่นข้าง	ประกอบกล่อง	42	1971
พนังบน1	ขัดลูบผิว 2 ด้าน	42	2013
พนังบน2	ขัดลูบผิว 2 ด้าน	42	2055
พนังล่าง1	ขัดลูบผิว 4 ด้าน	48	2103
พนังล่าง2	ขัดลูบผิว 4 ด้าน	48	2151
ชุดกล่อง	ประกอบชุดกล่อง	60	2211
ชุดแผงขา (ประกอบเฟรม)	ประกอบชุดแผงขา	72	2283
แผงขาขวา (ประกอบเฟรม)	ประกอบแผงขาขวา	108	2391
แผงขาซ้าย (ประกอบเฟรม)	ประกอบแผงขาซ้าย	108	2499
โต๊ะสำเร็จ	ประกอบสำเร็จเป็นโต๊ะ	150	2649
Total		**2649**	**86559**
SPT			
Average Completion Time (คำนวณตามสมการที่ 2.1)	**=**	$\frac{86559}{87}$	**= 994.9 sec**
%Utilization (คำนวณตามสมการที่ 2.2)	**=**	$\frac{2649}{86559}$	**= 3%**
Average No. of Jobs in System (คำนวณตามสมการที่ 2.3)	**=**	$\frac{86559}{2649}$	**= 32.7 Jobs**

4.3.4 จัดลำดับการผลิตโดยใช้กฎ LPT

เป็นการจัดลำดับงานโดยให้ทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อนแล้วจึงค่อยทำงานที่ใช้เวลาน้อยเป็นลำดับถัดไป จากข้อมูลในตาราง 4.1 ทำการเรียงลำดับงานที่มีเวลาในการผลิตจากมากไปน้อยตามลำดับ ลำดับงานที่ได้ใหม่นี้คือลำดับของงานที่จะจัดให้ทำตามลำดับ การจัดงานแบบ LPT ให้ผลดังตาราง 4.21 ดังนี้

ตาราง 4.21 ผลลัพธ์การจัดลำดับการผลิตโดยใช้กฎ LPT

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (วินาที)	เวลาในการทำงานบวกด้วยเวลาที่สูญเสียไป (Flow Time) (วินาที)
โต๊ะสำเร็จ	ประกอบสำเร็จเป็นโต๊ะ	150	150
แผงขาขวา (ประกอบเฟรม)	ประกอบแผงขาขวา	108	258
แผงขาซ้าย (ประกอบเฟรม)	ประกอบแผงขาซ้าย	108	366
ชุดแผงขา (ประกอบเฟรม)	ประกอบชุดแผงขา	72	438
ชุดกล่อง	ประกอบชุดกล่อง	60	498
พนังล่าง1	ขัดลูบผิว 4 ด้าน	48	546
พนังล่าง2	ขัดลูบผิว 4 ด้าน	48	594
หน้าโต๊ะ	ประกอบสำเร็จ	42	636
แผ่นหน้า	ประกอบกล่อง	42	678
แผ่นข้าง	ประกอบกล่อง	42	720
พนังบน1	ขัดลูบผิว 2 ด้าน	42	762
พนังบน2	ขัดลูบผิว 2 ด้าน	42	804
หน้าโต๊ะ	เดินร่อง	30	834
หน้าโต๊ะ	ขัดคุมขนาด	30	864
หน้าโต๊ะ	ขัดลูบผิว1	30	894
หน้าโต๊ะ	ขัดลูบผิว2	30	924
หน้าโต๊ะ	ขัดลูบผิว3	30	954
แผ่นหน้า	ขัดคุมขนาด	30	984
แผ่นหน้า	พ่นรองพื้น 2 ด้าน	30	1014
แผ่นหน้า	ขัดลูบผิวด้านนอก	30	1044
แผ่นข้าง	เจาะรู	30	1074
แผ่นข้าง	ขัดคุมขนาด	30	1104
แผ่นข้าง	ขัดลูบผิวด้านนอก	30	1134
แผ่นข้าง	พ่นทับหน้า 1 ด้าน	30	1164
พื้นโต๊ะ	ขัดคุมขนาด	30	1194
พื้นโต๊ะ	พ่นรองพื้น	30	1224
พื้นโต๊ะ	ประกอบกล่อง	30	1254
ขาโต๊ะ A	ขัดคุมขนาด	30	1284
ขาโต๊ะ A	ขัดลูบผิว	30	1314
ขาโต๊ะ A	พ่นทับหน้า	30	1344
ขาโต๊ะ A	ประกอบเฟรม	30	1374
ขาโต๊ะ B	ขัดคุมขนาด	30	1404
ขาโต๊ะ B	ขัดลูบผิว	30	1434

ตาราง 4.21 ผลลัพธ์การจัดลำดับการผลิตโดยใช้กฎ LPT (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (วินาที)	เวลาในการทำงานบวกด้วยเวลาที่สูญเสียไป (Flow Time) (วินาที)
ขาโต๊ะ B	พ่นทับหน้า	30	1464
ขาโต๊ะ B	ประกอบเฟรม	30	1494
พนังบน1	ขัดคุมขนาด	30	1524
พนังบน1	พ่นรองพื้น	30	1554
พนังบน1	พ่นทับหน้า 2 ด้าน	30	1584
พนังบน1	ประกอบเฟรม	30	1614
พนังบน2	ขัดคุมขนาด	30	1644
พนังบน2	พ่นรองพื้น	30	1674
พนังบน2	พ่นทับหน้า 2 ด้าน	30	1704
พนังบน2	ประกอบเฟรม	30	1734
พนังล่าง1	ขัดคุมขนาด	30	1764
พนังล่าง1	พ่นทับหน้า 4 ด้าน	30	1794
พนังล่าง1	ประกอบเฟรม	30	1824
พนังล่าง2	ขัดคุมขนาด	30	1854
พนังล่าง2	พ่นทับหน้า 4 ด้าน	30	1884
พนังล่าง2	ประกอบเฟรม	30	1914
ยึดแผงขา	ขัดคุมขนาด	30	1944
ยึดแผงขา	ขัดลูบผิว 4 ด้าน	30	1974
ยึดแผงขา	พ่นทับหน้า 4 ด้าน	30	2004
ยึดแผงขา	ประกอบเฟรม	30	2034
หน้าโต๊ะ	ลบเหลี่ยม	24	2058
แผ่นหน้า	ลบเหลี่ยม	24	2082
แผ่นข้าง	ลบเหลี่ยม	24	2106
ขาโต๊ะ A	ลบเหลี่ยม	24	2130
ขาโต๊ะ B	ลบเหลี่ยม	24	2154
พนังล่าง1	ลบเหลี่ยม	24	2178
พนังล่าง2	ลบเหลี่ยม	24	2202
ยึดแผงขา	ลบเหลี่ยม	24	2226
ยึดแผงขา	พ่นรองพื้น	24	2250
หน้าโต๊ะ	พ่นรองพื้น1	18	2268
หน้าโต๊ะ	พ่นรองพื้น2	18	2286
หน้าโต๊ะ	พ่นทับหน้า1	18	2304
หน้าโต๊ะ	พ่นทับหน้า2	18	2322

ตาราง 4.21 ผลลัพธ์การจัดลำดับการผลิตโดยใช้กฎ LPT (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (วินาที)	เวลาในการทำงานบวกด้วยเวลาที่สูญเสียไป (Flow Time) (วินาที)
แผ่นหน้า	พ่นทับหน้า	18	2340
แผ่นข้าง	พ่นรองพื้น	18	2358
พื้นโต๊ะ	ลบเหลี่ยม	18	2376
ขาโต๊ะ A	พ่นรองพื้น	18	2394
ขาโต๊ะ B	พ่นรองพื้น	18	2412
พนังบน1	เจาะรูหัว-ท้าย	18	2430
พนังบน1	ลบเหลี่ยม	18	2448
พนังบน2	เจาะรูหัว-ท้าย	18	2466
พนังบน2	ลบเหลี่ยม	18	2484
พนังล่าง1	เจาะรูหัว-ท้าย	18	2502
พนังล่าง1	พ่นรองพื้น	18	2520
พนังล่าง2	เจาะรูหัว-ท้าย	18	2538
พนังล่าง2	พ่นรองพื้น	18	2556
ยึดแผงขา	เจาะรูหัว-ท้าย	18	2574
ขาโต๊ะ A	เจาะรูด้านหัว	12	2586
ขาโต๊ะ A	เจาะรูข้าง	12	2598
ขาโต๊ะ B	เจาะรูด้านหัว	12	2610
ขาโต๊ะ B	เจาะรูข้าง	12	2622
พนังล่าง1	เจาะรูด้านบน	12	2634
พนังล่าง2	เจาะรูด้านบน	12	2646
หน้าโต๊ะ	เจาะรู	3	2649
Total		**2649**	**146553**
LPT			
Average Completion Time (คำนวณตามสมการที่ 2.1)	**=**	$\frac{146553}{87}$	**= 1684.5 sec**
%Utilization (คำนวณตามสมการที่ 2.2)	**=**	$\frac{2649}{146553}$	**= 2%**
Average No. of Jobs in System (คำนวณตามสมการที่ 2.3)	**=**	$\frac{146553}{2649}$	**= 55.3 Jobs**

เปรียบเทียบผลลัพธ์หรือค่าดัชนีชี้วัดต่าง ๆ ที่ได้จากการจัดลำดับงานด้วยวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมในตาราง 4.18 กับวิธีการ FCFS วิธีการ SPT และวิธีการ LPT ในตาราง 4.19 4.20 และ 4.21 ตามลำดับ สามารถสรุปได้ดังตาราง 4.22

ตาราง 4.22 เปรียบเทียบค่าดัชนีชี้วัดที่ได้จากวิธีการจัดลำดับต่าง ๆ

วิธีการจัดลำดับ	ค่าดัชนีชี้วัด		
	Average Completion Time (sec)	%Utilization	Average No. of Jobs in System (Jobs)
Genetic Algorithm	235.9	13	7.7
FCFS	1150.7	3	37.8
SPT	994.9	3	32.7
LPT	1684.5	2	55.3

จากตาราง 4.22 แสดงค่าดัชนีชี้วัดที่ได้จากการจัดลำดับงานด้วยวิธีการเจเนติกอัลกอริทึม วิธีการ FCFS วิธีการ SPT และวิธีการ LPT ซึ่งพบว่าวิธีการจัดลำดับการผลิตด้วยวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธีการอื่น ๆ คือมีค่าเฉลี่ยการแล้วเสร็จของงานต่ำที่สุด มีประสิทธิภาพในการใช้งานทรัพยากรในการผลิตต่าง ๆ สูงที่สุด และมีจำนวนงานเฉลี่ยในระบบต่ำที่สุดคือพนักงานมีภาระงานน้อยนั่นเอง โดยวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมจะให้ค่าดัชนีชี้วัดทั้ง 3 ตัวดีกว่าวิธีการจัดลำดับแบบอื่น ดังนั้นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นด้วยวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมจึงให้แผนการผลิตที่ดีกว่าวิธีการอื่น ๆ ดังที่ได้กล่าวมา

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับทางโรงงานกรณีศึกษาเพื่อประเมินโปรแกรมร่วมกันรวมทั้งขอคำแนะนำ และข้อเสนอแนะสำหรับแก้ไขปรับปรุง จากการประเมินโปรแกรมร่วมกันสามารถเปรียบเทียบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับโปรแกรมวางแผนการผลิตเดิมของทางโรงงานได้ดังตาราง 4.23

ตาราง 4.23 เปรียบเทียบโปรแกรมจัดลำดับการผลิตที่พัฒนาขึ้นกับโปรแกรมวางแผนการผลิตเดิมของโรงงานกรณีศึกษา

เรื่อง	โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น	แผนการผลิตเดิมของโรงงาน
1. ความละเอียดของแผนการผลิต	จัดงานให้กับแต่ละเครื่องจักร	จัดงานให้กับแต่ละอาคารผลิต
2. เวลาที่ใช้ในการผลิตเสร็จ	ผลิตได้ตรงตามเงื่อนไขและใช้เวลาในการผลิตเสร็จเร็วขึ้น	ผลิตได้ตรงตามเงื่อนไขแต่บอกไม่ได้ว่าใช้เวลาเสร็จเร็ว
3. การติดตามงานระหว่างผลิต	ติดตามงานระหว่างผลิตได้	ติดตามงานระหว่างผลิตไม่ได้
4. เวลาในการประมวลผลโปรแกรม	ใช้เวลานานขึ้นอยู่กับจำนวนผลิตภัณฑ์และจำนวนชิ้นส่วน	ใช้เวลาเร็วกว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น
5. การกำหนด Lot Size	สามารถกำหนด Lot Size ได้ตามต้องการ	ไม่สามารถกำหนด Lot Size ได้ส่งผลิตครั้งเดียวหมด
6. แผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรม	แสดงผลใน Excel และ Gantt Chart	แสดงผลเป็น Excel

จากตาราง 4.23 แสดงการเปรียบเทียบโปรแกรมจัดลำดับการผลิตที่พัฒนาขึ้นกับโปรแกรมวางแผนการผลิตเดิมของโรงงานกรณีศึกษา โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นส่วนใหญ่มีข้อดีกว่าโปรแกรมเดิมของโรงงาน คือเป็นโปรแกรมที่ช่วยค้นหาลำดับการผลิตที่ทำให้เวลาเสร็จสิ้นการทำงานมีค่าต่ำสุดส่งผลให้การผลิตเสร็จเร็วขึ้น โดยโปรแกรมสามารถจัดงานได้ละเอียดถึงระดับเครื่องจักร นอกจากนั้นยังสามารถแสดงผลลัพธ์เป็น Gantt Chart ซึ่งจะทำให้สะดวกและสามารถติดตามงานได้ง่ายขึ้น แต่มีข้อจำกัดของโปรแกรม คือใช้เวลาในการประมวลผลนานตามจำนวนผลิตภัณฑ์และจำนวนชิ้นส่วน รวมทั้งพารามิเตอร์เจเนติกอัลกอริทึม จำนวนโครโมโซม และจำนวนเจนเนอเรชั่น ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อเวลาในการประมวลผลของโปรแกรม เนื่องจากงานวิจัยนี้จะพิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดเป็นตัวชี้วัดลำดับการผลิตที่ดีที่สุดซึ่งผลที่ได้ก็เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ข้อจำกัดของโปรแกรมเหล่านี้จึงเป็นส่วนที่จะต้องนำไปปรับปรุงและพัฒนาต่อไป

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยการประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราโดยนำเอาเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบโดยพิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดเป็นตัวชี้วัดลำดับการผลิตที่ดีที่สุด โปรแกรมประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนการป้อนข้อมูลเข้า ส่วนประมวลผล และส่วนแสดงผลลัพธ์ ซึ่งมีหลักการทำงานคือ โปรแกรมจะรับข้อมูลป้อนเข้าจากผู้ใช้และดึงรายละเอียดของข้อมูลเหล่านั้นในฐานข้อมูลมาทำการประมวลผลตามวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมซึ่งประกอบด้วยขั้นตอน การสร้างคำตอบเบื้องต้น การคัดเลือก การครอสโอเวอร์ การมิวเตชั่น การหยุดการค้นหา และการซ่อมแซมคำตอบ สุดท้ายแสดงผลลัพธ์เป็นแผนการผลิตชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ซึ่งแสดงลำดับการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่โปรแกรมประมวลผลได้ ในส่วนของการแสดงผลลัพธ์สามารถแสดงได้ในรูปแบบของโปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งผู้ใช้สามารถเรียกดูข้อมูลหรือนำข้อมูลไปใช้งานต่อได้อย่างสะดวก นอกจากนี้ยังสามารถแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบแผนภาพ Gantt Chart ซึ่งแสดงลำดับงานที่จะจัดให้กับเครื่องจักรแต่ละเครื่องทำให้สะดวกและสามารถติดตามงานระหว่างผลิตได้ง่าย

5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราโดยประยุกต์ใช้เทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมจะทำให้ได้โปรแกรมจัดลำดับการผลิตสำเร็จรูปซึ่งเป็นโปรแกรมต้นแบบที่สามารถนำไปพัฒนาต่อไปได้ ผลจากการวิจัยพบว่าโปรแกรมสามารถค้นหาลำดับการผลิตที่ทำให้เวลาเสร็จสิ้นการทำงานมีค่าต่ำสุด ซึ่งถือเป็นแผนการผลิตที่ดีที่สุด

ในการประมวลผลโปรแกรมนั้นการกำหนดค่าพารามิเตอร์เจเนติกอัลกอริทึมที่เหมาะสมกับขนาดของปัญหา (ในที่นี้คือขนาดจำนวนยีน) จะมีผลต่อการประมวลผลโปรแกรมในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (ค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุด) โดยพารามิเตอร์เจเนติก

อัลกอริทึมที่มีค่าเหมาะสมจะทำให้โปรแกรมประมวลผลได้คำตอบที่ดีที่สุดและใกล้เคียงกับค่าจริงที่สุดสำหรับปัญหานั้น ๆ

จากการทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราด้วยวิธีเจเนติกอัลกอริทึมนี้ ได้พิจารณาขนาดจำนวนยีนแบ่งเป็น 4 ช่วง คือ จำนวนยีนน้อยกว่า 100 ยีน จำนวนยีน 100-300 ยีน จำนวนยีน 300-500 ยีน และจำนวนยีนมากกว่า 500 ยีน ทำการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับขนาดจำนวนยีนต่าง ๆ ดังกล่าวโดยพารามิเตอร์ที่พิจารณาในงานวิจัยนี้ คือจำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอเรชั่น โดยการประมวลผลโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเพื่อหาค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำที่สุด ณ เจนเนอเรชั่นต่าง ๆ ตั้งแต่เจนเนอเรชั่นเริ่มต้นจนถึงเจนเนอเรชั่นที่ 10 เมื่อพิจารณาจำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 5 10 และ 20 โครโมโซม กำหนดค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์และค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นคงที่เท่ากับ 0.8 และ 0.2 ตามลำดับ การประมวลผลโปรแกรมพบว่าค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดจะมีค่าลดลงเมื่อจำนวนเจนเนอเรชั่นเพิ่มขึ้นและลดลงต่ำสุดคงที่ค่าหนึ่ง ณ เจนเนอเรชั่นใด ๆ ซึ่งหมายถึงค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหานั้น ๆ ซึ่งจากผลการการวิเคราะห์สามารถกำหนดจำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอเรชั่นที่เหมาะสมสำหรับขนาดจำนวนยีนต่างๆ ได้ดังตาราง 5.1

ตาราง 5.1 ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับขนาดจำนวนยีนต่าง ๆ

ขนาดจำนวนยีน	จำนวนประชากรเบื้องต้น (โครโมโซม)	จำนวนเจนเนอเรชั่น
น้อยกว่า 100	20	8
100-300	20	8
300-500	20	8
มากกว่า 500	20	9

นอกจากนี้จากการประมวลผลของโปรแกรมยังพบว่า ขนาดจำนวนยีน จำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอเรชั่น มีผลต่อเวลาในการประมวลผลโปรแกรมโดยขนาดจำนวนยีน จำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอเรชั่นที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ใช้เวลาในการประมวลผลโปรแกรมเพิ่มขึ้นแบบเอ็กโปเนนเชียล

เมื่อทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์โปรแกรมหรือแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับแผนการผลิตเดิมของโรงงานกรณีศึกษาโดยใช้ตัวอย่างข้อมูลผลิตภัณฑ์ 9 ชนิดซึ่งมีจำนวนชิ้นส่วนหรือจำนวนยีนทั้งหมดเท่ากับ 229 ยีน พบว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นให้ผลที่ดีกว่าโปรแกรมของโรงงานโดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถค้นหาแผนการการผลิตที่ทำให้เวลาเสร็จ

สิ้นการทำงานต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 327630 วินาที หรือ 11 วัน 3 ชั่วโมง ใช้เวลาในการประมวลผล 940 นาที และแผนการผลิตเดิมของโรงงานที่ให้ค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานมีค่าเท่ากับ 28 วัน ใช้เวลาในการประมวลผล 30 นาที แต่เนื่องจากแผนการผลิตของโรงงานเป็นแผนการผลิตตามอาคารผลิตโดยกำหนดให้ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ทีละอาคารตามลำดับ คือ อาคารเตรียมไม้ อาคารแปรรูป 1 อาคารแปรรูป 2 และอาคารประกอบย่อย ซึ่งใช้เวลาในการผลิตแต่ละอาคารเท่ากับ 7 วัน ซึ่งแตกต่างจากแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นโดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถจัดลำดับชิ้นส่วนให้กับเครื่องจักรแต่ละเครื่องโดยระบุเวลาเริ่มต้นและเวลาเสร็จงานในแต่ละขั้นตอนการผลิตโดยไม่สนใจว่าขั้นตอนการผลิตนั้น ๆ จะอยู่อาคารผลิตใด ดังนั้นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจึงเหมาะกับโรงงานที่มีกระบวนการผลิตอยู่ภายในอาคารหรือพื้นที่เดียวกัน

เพื่อให้การเปรียบเทียบผลลัพธ์เป็นไปในลักษณะเดียวกันจึงทำการประมวลผลโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นแยกตามอาคาร พบว่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานของแต่ละอาคาร คือ อาคารเตรียมไม้ อาคารแปรรูป 1 อาคารแปรรูป 2 และอาคารประกอบย่อย มีค่าเท่ากับ 1 วัน 7 ชั่วโมง, 4 วัน 2 ชั่วโมง, 3 วัน 5 ชั่วโมง และ 3 วัน 2 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งสามารถเปรียบเทียบผลที่ได้นี้กับแผนการผลิตเดิมของโรงงานได้ดังตาราง 5.2

ตาราง 5.2 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแผนการผลิตของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับแผนการผลิตเดิมของโรงงาน (แผนการผลิตตามอาคารผลิต)

อาคารผลิต	**เวลาเสร็จสิ้นการทำงาน**	
	แผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น	**แผนการผลิตเดิมของโรงงาน**
เตรียมไม้	1 วัน 7 ชั่วโมง	7 วัน
แปรรูป 1	4 วัน 2 ชั่วโมง	7 วัน
แปรรูป 2	3 วัน 5 ชั่วโมง	7 วัน
ประกอบ	3 วัน 2 ชั่วโมง	7 วัน
รวม	**13 วัน**	**28 วัน**

จากตาราง 5.2 แสดงผลลัพธ์ของแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับแผนการผลิตเดิมของโรงงานกรณีศึกษาตามอาคารผลิต พบว่าแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า คือ ให้แผนการผลิตที่ทำให้เวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำที่สุดลดลงจากเดิม 15 วัน คิดเป็น 53 เปอร์เซ็นต์

เมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดลำดับงานด้วยวิธีการต่าง ๆ คือวิธีการ FCFS วิธีการ SPT และวิธีการ LPT โดยพิจารณาค่าดัชนีชี้วัด คือค่าเฉลี่ยการแล้วเสร็จของงานต่ำที่สุด ค่าประสิทธิภาพการใช้งานทรัพยากรในการผลิต และจำนวนงานเฉลี่ยในระบบ พบว่าวิธีการจัดลำดับการผลิตด้วยวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมจะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธีการอื่น ๆ

โปรแกรมการจัดลำดับการผลิตโดยประยุกต์ใช้เทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นโปรแกรมต้นแบบในการนำเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาช่วยในการหาคำตอบ ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่าเจเนติกอัลกอริทึมสามารถช่วยค้นหาแผนการผลิตที่ดีที่สุดให้กับปัญหาได้ดีขึ้น 53 เปอร์เซ็นต์ และสามารถประมวลผลชิ้นส่วนได้สูงสุด 9,801 ชิ้นส่วน ซึ่งเป็นผลที่น่าพอใจ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา โรงงานเฟอร์นิเจอร์ทั่วไป หรือโรงงานที่มีปัจจัยและเงื่อนไขในการผลิตซับซ้อนเช่นเดียวกับโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารานี้ได้ เพียงแต่ปรับปรุงฐานข้อมูลให้ตรงกับความต้องการของโปรแกรม แต่มีข้อจำกัดของโปรแกรมคือใช้เวลาในการประมวลผลนานซึ่งเป็นส่วนที่จะต้องนำไปปรับปรุงและพัฒนาต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะในการดำเนินงานวิจัย

จากงานวิจัยการประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา สามารถสรุปเป็นข้อเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรมจัดลำดับการผลิตที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไปได้ ดังต่อไปนี้

5.2.1 งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาลำดับการผลิตที่มีเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุด เป็นตัวชี้วัดลำดับการผลิตที่ดีที่สุดซึ่งอาจพัฒนาใช้ตัวชี้วัดอื่น ๆ ในการจัดลำดับการผลิตได้

5.2.2 ควรพัฒนาโปรแกรมให้มีการแทรกงานระหว่างผลิตได้เนื่องจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้ไม่ได้ครอบคลุมการจัดลำดับการผลิตกรณีมีงานแทรกเข้ามา การประมวลผลโปรแกรมทุกครั้งจะให้แผนการผลิตใหม่ทุกครั้ง

5.2.3 เนื่องจากงานวิจัยนี้ไม่ได้พิจารณาระยะทางในการขนถ่ายมาคิดในการเลือกเครื่องจักร ซึ่งการคำนวณระยะทางในการขนถ่ายจะส่งผลต่อเวลาและต้นทุนในการผลิต ดังนั้นงานที่จะพัฒนาต่อในอนาคตควรจะมีการพิจารณาระยะเวลาในการขนถ่ายด้วย

5.2.4 ข้อจำกัดของโปรแกรมจัดลำดับการผลิตที่พัฒนาขึ้นนี้คือใช้เวลาในการประมวลผลนานเกินไปซึ่งส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากโครงสร้างการเขียนโปรแกรมที่มีเทคนิคไม่

เพียงพอ และมีการเขียนติดต่อฐานข้อมูลบ่อยเกินไปทำให้โปรแกรมประมวลผลล่าช้า ซึ่งสามารถพัฒนาเพื่อให้โปรแกรมประมวลผลมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

5.2.5 เนื่องจากข้อจำกัดของเวลาในการประมวลผลโปรแกรมเพื่อหาค่าพารามิเตอร์เจเนติกอัลกอริทึมที่เหมาะสมทำให้การกำหนด ค่าพารามิเตอร์เจเนติกอัลกอริทึม จำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอเรชั่น ที่ใช้สำหรับทดสอบโปรแกรมต้องจำกัดในระดับหนึ่งซึ่งหากโปรแกรมมีประสิทธิภาพในการประมวลผลมากขึ้นก็ควรเพิ่มค่าพารามิเตอร์ที่ทดสอบให้มากขึ้นเพื่อคำตอบที่ดีที่สุด

5.2.6 โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้เหมาะสำหรับโรงงานที่มีการวางผังการผลิตตามขั้นตอนผลิต และโรงงานมีกระบวนการผลิตอยู่ภายในอาคารหรือพื้นที่เดียวกัน ดังนั้นหากจะนำไปใช้กับโรงงานแบบอื่นก็จะต้องมีการปรับเปลี่ยนหรือพัฒนาบางส่วนของโปรแกรมเพิ่มเติมเพื่อให้เหมาะกับโรงงานนั้น ๆ

5.2.7 ปัจจุบันมีเทคนิคต่าง ๆ ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดมีเพิ่มมากขึ้น การศึกษาและนำเอาเทคนิคใหม่ ๆ มาปรับใช้กับเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมในการหาคำตอบจะทำให้ประสิทธิภาพในการหาคำตอบเพิ่มมากขึ้น

บรรณานุกรม

1. สถาบันไทย-เยอรมัน.2547. “โครงการศึกษาการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตสาขาเฟอร์นิเจอร์ (เฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา)”. (สำเนา)
2. อินทิเกรเต็ด คอมมูนิเคชั่น.2552.กรมส่งเสริมการส่งออกจัดงาน TIFF 2008 กระตุ้นตลาดเฟอร์นิเจอร์โชว์ศักยภาพการผลิตและดีไซน์ที่โดดเด่น. (Online) สืบค้นจาก http://www.thaipr.net/nc/readnews.aspx?newsid=C337E8E3D930A6BA0E08B771819DC1C4 วันที่สืบค้น (04/09/51)
3. โครงการศึกษาวิเคราะห์และเตือนภัย SMEs รายสาขา.2547.รายงานการศึกษาและวิเคราะห์อุตสาหกรรม เฟอร์นิเจอร์ไม้. (Online) สืบค้นจาก http://www.sme.go.th/wsi/download/report/12.pdf วันที่สืบค้น (04/09/51)
4. สายทองเฟอร์นิเจอร์.2008.ผู้ผลิตและจำหน่ายเฟอร์นิเจอร์ไม้สัก สายทองเฟอร์นิเจอร์. (Online) สืบค้นจาก http://th.88db.com/Buy-Sell/Furniture/ad-254847/ วันที่สืบค้น (28/08/51)
5. ปริศนา แช่มสุขขี.2547. “เอกสารสัมมนาคอมพิวเตอร์ Genetic Algorithm (GA)”. ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. (สำเนา)
6. มนทิวา กมลรัมย์ และนิดา จ๋วงพานิช.2547. “การจัดลำดับการผลิตในการผลิตแบบผสมโดยใช้แบบจำลอง”, รายงานโครงการของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 ซึ่งเสนอเป็นส่วนหนึ่งในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. (สำเนา)
7. ปารเมศ ชุติมา และญาณี เฉยใจชื่น.2549. “การจัดตารางการผลิต กรณีศึกษา: โรงงานประกอบโคมไฟฟ้าสำเร็จรูป”, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2550. (สำเนา)
8. กฤชชนะ คันธนู และสมชาย แก้วแก่นตา. 2547. “การพัฒนาวิธีการจัดตารางการผลิตเมื่อมีเวลาเตรียมการผลิตเป็นแบบไม่อิสระ”, รายงานโครงการของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 ซึ่งเสนอเป็นส่วนหนึ่งในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. (สำเนา)
9. ศรัญยา อุดมศรี.2547. “การจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนที่ไม่มีบัฟเฟอร์โดยวิธีฮิวริสติก กรณีศึกษา: โรงงานประกอบรถยนต์”, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (สำเนา)

10. Vilcot, G. and Billaut, J.2007. “A tabu search and a genetic algorithm for solving a bicriteria general job shop scheduling problem”, European Journal of Operational Research., Vol. 20, pp. 1-14.

11. Rattanamanee, W.2003. “Application of the genetic algorithm to design path direction for automated guided vehicle’s movement network”, Songklanakarin Journal of Science Technology., Vol. 25, No. 1, pp. 91-102.

12. ปารเมศ ชุติมา และจงกล เอี่ยมมิ.2546.การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม. วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 26:1-16.

13. Chutima, P. and Wuttipongprasert, S.2005. “application of genetic algorithms in production scheduling with fuzzy dependent setup time”, Journal of Research in Engineering and Technology., Vol. 2, No.1, pp. 66-77.

14. Mattfeld, D.C. and Bierwirth, C.2004. “An efficient genetic algorithm for job shop scheduling with tardiness objectives”, European Journal of Operational Research., Vol. 155, pp.616-630.

15. Pezzela, F., Morganti, G. and Ciaschetti, G.2007. “A genetic algorithm for the flexible job-shop scheduling problem ”, Computers & Operations Research, pp. 1-11.

16. Kacem, I., Hammadi, S. and Borne, P.2002. “Approach by localization and multiobjective evolutionary optimization for flexible job-shop scheduling problems”, IEEE Transactions on System, Man, Cybernetics, Part C, Vol. 32(1), pp. 1-13.

17. Srikanth, K.I. and Barkha, S.2004. “Improved genetic algorithm for the permutation flowshop scheduling problem”, Computers & Operations Research, Vol. 31, pp. 593-636.

18. Rinnooy Kan, A. H. G.,1976. “Machine Scheduling Problem : Classification, Complexity and Computation.”, The Hague : Matinus Nijhoff.

19. Chen, J.S., Pan, J.C.H. and Lin, C.M.2006. “A hybrid genetic algorithm for the re-entrant flow-shop scheduling problem”, Expert System with Application, pp. 1-8.

20. Goncalves, J.F., Mendes, J.J.M. and Resende, M.G.C.2005. “A hybrid genetic algorithm for the job shop scheduling problem”, European Journal of Operational Research, Vol. 167, pp. 77-95.

21. Gao, J., Sun, L. and Gen, M.2008. “A hybrid genetic and variable neighborhood descent algorithm for flexible job shop scheduling problems”, Computers & Operations Research, Vol. 35, pp. 2892-2907.

22. เชาวลิต หามนตรี.2546. “การกำหนดตารางการผลิตโดยใช้วิธีฮิวริสติกร่วมกับเจเนติกอัลกอริทึม กรณีศึกษา: แผนกโลหะแผ่นของโรงงานเครื่องจักรอัตโนมัติ”, วิทยานิพนธ์ตามหลักสูตรปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. (สำเนา)

23. Valls, V., Ballestin, F. and Quintanilla, S.2008. “A hybrid genetic algorithm for the resource-contrained project scheduling problem”, European Journal of Operational Research, Vol. 185, pp.495-508.

24. ศิวาวุธ หวังมาน.2550. “ระบบการจัดการผลิตสินค้าเฟอร์นิเจอร์ กรณีศึกษา: บริษัทพีพีพาราวูด จำกัด”, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยบูรพา. (สำเนา)

25. Rattanamanee, W., Suthummanon, S., Arecharit, N. and Gnamsut, N.2005. “Developing a mathematical Model to calculate the total production planning cost for rubber wood manufacturing”, The 12th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management- IE&EM-2005, Chongqing, China, November 6-8.

26. การวางแผนและควบคุมการผลิต. (Online) สืบค้นจาก http://business.east.spu.ac.th/admim/knowledge/A61production_chap3.pdf วันที่สืบค้น (16/03/51)

27. ชุมพล ศฤงคารศิริ. 2545. การวางแผนและควบคุมการผลิต ฉบับปรับปรุงใหม่. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

28. วชิรพงษ์ สาลีสิงห์.2551.การจัดลำดับงานโดยกฎความสำคัญ. (Online) สืบค้นจาก http://202.183.190.2/FTPiWebAdmin/knw_pworld/image_content/44/44_productivity3.pdf วันที่สืบค้น (10/09/51)

29. Garey, M. R., Johnson, D. S., and Sethi, R.1976. . “The complexity of flowshop and job-shop scheduling”, Mathematics of Operations Research., Vol. 1(2), pp.117–129.

30. วนิดา รัตนมณี และศุภชัย ปทุมนากุล.2546.การหาคำตอบที่น่าพึงพอใจโดยเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม.วิศวกรรมสาร ม.ขอนแก่น, 30:319-336.

31. Mendel, G. 1970. The Foundation of genetics. (Online) สืบค้นจาก http://www.clarkson.edu/class/sc112/Mendel%20&20Beyond2.ppt วันที่สืบค้น (12/01/52)

32. ปฐม อัตตวิริยะนุภาพ. 2540. “การทำออบติมัลเพาเวอร์โฟลว์โดยใช้เจเนติกอัลกอริทึม”, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (สำเนา)

33. วนิดา รัตนมณี. 2547. “การออกแบบโครงข่ายถนนเดินรถทางเดียวโดยใช้เจเนติกอัลกอริทึม”, รายงานการวิจัยทุนพัฒนานักวิจัยใหม่ ประจำปีงบประมาณ 2547 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (สำเนา)

34. Marek Obitko.1998. Introduction to Genetic Algorithms. (Online) สืบค้นจาก http://www.obitko.com/tutorials/genetic-algorithms/about.php วันที่สืบค้น (24/03/52)

35. Ying-Hong Liao and Chuen-Tsai Sun.2001. An Educational Genetic Algorithms Learning Tool. (ออนไลน์) สืบค้นจาก http://www.ewh.ieee.org/soc/es/May2001/14/Begin.htm#REF23 วันที่สืบค้น (24/03/52)

36. Shao, X., Li, X., Gao, L. and Zhang, C. 2009. “Integration of process planning and scheduling—A modified genetic algorithm-based Approach”, Computers & Operations Research, Vol. 36, pp. 2082-2096.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

ตาราง ก1 แผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น (ผลิตภัณฑ์เก้าอี้)

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	รหัสเครื่องจักรที่ใช้	ชื่อเครื่องจักร	เวลาเริ่มต้น (วินาที)	เวลาผลิตเสร็จ (วินาที)
ขาหน้า	ตัดหยาบ	**4097**	เครื่องตัดหยาบ	15840	17760
ขาหน้า	ไส(5 หัว รอบ 1)	**4257**	เครื่องไส 2 หน้า	28560	29520
ขาหน้า	แซนดิ้งเพลาะ	**3989**	เครื่องแซนดิ้ง	31740	32700
ขาหน้า	เพลาะ(2:1:1)	**3749**	เครื่องเพลาะไฮดรอลิค5หน้า	32700	34620
ขาหน้า	ไส(5 หัว รอบ 2)	**4257**	เครื่องไส 2 หน้า	43080	44040
ขาหน้า	วาดแบบ	**4260**	กลุ่มวาดแบบ 1-แปรรูป 1	59340	62220
ขาหน้า	คว้าน	**3858**	เครื่องเลื่อยสายพาน	62220	71820
ขาหน้า	กลึง(ก๊อปปี้เลท)	**3841**	เครื่องกลึงลอกแบบอัตโนมัติ P BA □□I	71820	83340
ขาหน้า	ตัดละเอียด	**3887**	เครื่องตัดละเอียด	88980	92820
ขาหน้า	กลึง(ลูกแก้ว)	**3828**	เครื่องกลึงไม้	92820	101460
ขาหน้า	เราท์เตอร์(หงาย ลบเหลี่ยม)	**3987**	เครื่องเราท์เตอร์หงาย	101460	108180
ขาหน้า	เจาะนอน(ใส่ยันขาข้าง)	**4177**	เครื่องเจาะนอนหลายหัว	108180	112020
ขาหน้า	เจาะนอน(ปลายขา)	**3687**	เครื่องเจาะนอน	112020	117780
ขาหน้า	เจาะดิ่ง(ใส่แฮงเกอร์โบ้)	**3681**	เครื่องเจาะดิ่ง	117780	120660
ขาหน้า	ใส่แฮงเกอร์โบล์ท	**3650**	เครื่องใส่ตัวหนอน	120660	125460
ขาหน้า	ขัดสามเหลี่ยม	**4194**	กลุ่มขัดสามเหลี่ยม-แปรรูป 2	154890	158730
ขาหน้า	ขัดบัวนิ่ม	**4191**	กลุ่มขัดบัวนิ่ม-แปรรูป 2	245610	247530
ขาหน้า	ปัด 2 หัว	**4398**	กลุ่มสโตรก-แปรรูป 2	247530	249450
ขาหน้า	ขัดตกแต่ง	**4216**	กลุ่มขัดตกแต่งเก้าอี้ 2-ประกอบและขัดตกแต่ง	249450	253290
ขาหน้า	ปัดเงา	**4214**	กลุ่มขัดตกแต่งเก้าอี้ 1-ประกอบและขัดตกแต่ง	253290	255210

ตาราง ก1 ตัวอย่างแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น (ผลิตภัณฑ์เก้าอี้) (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	รหัสเครื่องจักรที่ใช้	ชื่อเครื่องจักร	เวลาเริ่มต้น (วินาที)	เวลาผลิตเสร็จ (วินาที)
ขาหลัง	ตัดหยาบ	**4101**	เครื่องตัดหยาบ	10440	12360
ขาหลัง	ไส(5 หัว รอบ 1)	**4257**	เครื่องไส 2 หน้า	21690	22650
ขาหลัง	แซนดิ้งเพลาะ(รอบ 1)	**3989**	เครื่องแซนดิ้ง	23530	24490
ขาหลัง	เพลาะรวม	**3751**	เครื่องเพลาะไฮดรอลิค5หน้า	24490	61930
ขาหลัง	ตัด(ไม้แผ่น)	**4017**	เครื่องตัดไม้	61930	72490
ขาหลัง	วาดแบบ(ไม้แผ่น)	**4262**	กลุ่มวาดแบบ 2-แปรรูป 1	72490	73450
ขาหลัง	คว้าน(ไม้แผ่น)	**4013**	เครื่องเลื่อยคว้าน K-004	73450	77290
ขาหลัง	ไส(2 หน้า)	**4257**	เครื่องไส 2 หน้า	77290	79210
ขาหลัง	แซนดิ้งเพลาะ(รอบ 2)	**3989**	เครื่องแซนดิ้ง	79210	80170
ขาหลัง	เพลาะแก้ม	**3748**	เครื่องเพลาะ 30 หวี	80170	80330
ขาหลัง	คว้าน(ก่อนก๊อปปี้สไลด์)	**4013**	เครื่องเลื่อยคว้าน K-004	84550	85510
ขาหลัง	ก๊อปปี๊สไลด์(1-2)	**3716**	เครื่องก๊อปปี้สไลด์ NO.321	85510	107590
ขาหลัง	วาดแบบ(หน้า 3,4)	**4260**	กลุ่มวาดแบบ 1-แปรรูป 1	107590	109510
ขาหลัง	คว้าน(หน้า 3,4)	**3860**	เครื่องคว้านไม้ K-002	109510	114310
ขาหลัง	ก๊อปปี๊สไลด์(3-4)	**3734**	เครื่องก๊อปปี้สไลด์ TEMPLATE □P90\6-2500	114310	120070
ขาหลัง	ตัดละเอียด(ปลายขา)	**3888**	เครื่องตัดละเอียด	123810	126690
ขาหลัง	เพลาตั้ง(ตีปาดข้าง □L)	**3713**	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว	126690	129570
ขาหลัง	เจาะรูปไข่(ใส่พนังหลัง)	**3958**	เครื่องเจาะรูปไข่	129570	133410
ขาหลัง	เจาะนอน(ใส่รองพิงหลัง)	**3687**	เครื่องเจาะนอน	133410	137250

ตาราง ก1 ตัวอย่างแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น (ผลิตภัณฑ์เก้าอี้) (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	รหัสเครื่องจักรที่ใช้	ชื่อเครื่องจักร	เวลาเริ่มต้น (วินาที)	เวลาผลิตเสร็จ (วินาที)
ขาหลัง	เจาะนอน(ใส่ยันขาข้าง)	**3686**	เครื่องเจาะนอน	137250	140130
ขาหลัง	เจาะนอน(ใส่พิงบน)	**4177**	เครื่องเจาะนอนหลายหัว	140130	143010
ขาหลัง	เจาะนอน(ปลายขา)	**4055**	เครื่องตัด Arm saw	143010	145890
ขาหลัง	เจาะนอน(5 มิลคู่)	**3687**	เครื่องเจาะนอน	145890	148770
ขาหลัง	เจาะนอน(รูรองท้าวแขน)	**4178**	เครื่องเจาะนอน	148770	152610
ขาหลัง	ขัดสามเหลี่ยม	**4194**	กลุ่มขัดสามเหลี่ยม-แปรรูป 2	173250	180930
ขาหลัง	ขัดบัวนิ่ม	**4191**	กลุ่มขัดบัวนิ่ม-แปรรูป 2	282510	287310
แก้มขาหลัง1	ตัดหยาบ	**4417**	เครื่องตัดหยาบ	14640	16560
แก้มขาหลัง1	ไส(5 หัว)	**3821**	เครื่องไส 5 หัว	27300	29220
แก้มขาหลัง1	แซนดิ้งเพลาะ	**3989**	เครื่องแซนดิ้ง	29220	31140
แก้มขาหลัง2	ตัดหยาบ	**4098**	เครื่องตัดหยาบ	4140	6060
แก้มขาหลัง2	ไส(5 หัว)	**3821**	เครื่องไส 5 หัว	11010	12930
แก้มขาหลัง2	แซนดิ้งเพลาะ	**3989**	เครื่องแซนดิ้ง	12930	14850
ขาหลัง3	ตัดหยาบ	**4100**	เครื่องตัดหยาบ	8100	10020
ขาหลัง3	ไส(5 หัว)	**3821**	เครื่องไส 5 หัว	18630	19590
ขาหลัง3	แซนดิ้งเพลาะ	**3989**	เครื่องแซนดิ้ง	19590	20550
ขาหลัง1	ตัดหยาบ	**4097**	เครื่องตัดหยาบ	13200	15120
ขาหลัง1	ไส(5 หัว)	**3822**	เครื่องไส 5 หัว	24630	25590
ขาหลัง1	แซนดิ้งเพลาะ	**3989**	เครื่องแซนดิ้ง	25590	26550
ขาหลัง2	ตัดหยาบ	**4098**	เครื่องตัดหยาบ	6060	7980

ตาราง ก1 ตัวอย่างแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น (ผลิตภัณฑ์เก้าอี้) (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	รหัสเครื่องจักรที่ใช้	ชื่อเครื่องจักร	เวลาเริ่มต้น (วินาที)	เวลาผลิตเสร็จ (วินาที)
ขาหลัง2	ไส(5 หัว)	4257	เครื่องไส 2 หน้า	14280	15240
ขาหลัง2	แซนดิ้งเพลาะ	3989	เครื่องแซนดิ้ง	16650	17610
แก้มขาหลัง3	ตัดหยาบ	4100	เครื่องตัดหยาบ	10020	11940
แก้มขาหลัง3	ไส(5 หัว)	3821	เครื่องไส 5 หัว	20610	21570
แก้มขาหลัง3	แซนดิ้งเพลาะ	3989	เครื่องแซนดิ้ง	22570	23530
แก้มขาหลัง3	ตัด(1=2)	4089	เครื่องตัดหยาบ	23530	27370
พนังหน้า	ตัดหยาบ	4100	เครื่องตัดหยาบ	19260	21180
พนังหน้า	ไส(5,6 หัว)	4257	เครื่องไส 2 หน้า	34920	36840
พนังหน้า	แซนดิ้งละเอียด	3781	เครื่องแซนดิ้ง	36840	37800
พนังหน้า	ตัดละเอียด	3888	เครื่องตัดละเอียด	57450	59370
พนังหน้า	เพลาตั้ง(เซาะร่องตัวยึด)	3713	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว	59370	61290
พนังหน้า	เพลาตั้ง(ตีร่องด้านบน)	3713	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว	61290	63210
พนังหน้า	เพลาตั้ง(เซาะร่อง 6 มิล)	4168	เครื่องเพลาตั้ง 1 หัว	71880	73800
พนังหน้า	เจาะดิ่ง(2 รู)	3682	เครื่องเจาะดิ่งหลายหัว	76890	80730
พนังหน้า	ปัด 2 หัว	4398	กลุ่มสโตรก-แปรรูป 2	80730	83610
พนังหน้า	ขัดบัวนิ่ม	4191	กลุ่มขัดบัวนิ่ม-แปรรูป 2	176490	179370
พนังข้าง	ตัดหยาบ	4417	เครื่องตัดหยาบ	17280	19200
พนังข้าง	ไส(5,6 หัว)	4257	เครื่องไส 2 หน้า	30840	32760
พนังข้าง	แซนดิ้งละเอียด	3990	เครื่องแซนดิ้ง	32760	33720
พนังข้าง	ตัดละเอียด(รอบ 1)	3887	เครื่องตัดละเอียด	55620	57540
พนังข้าง	ตัดละเอียด(บังใบ)	4055	เครื่องตัด Arm saw	65970	68850

ตาราง ก1 ตัวอย่างแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น (ผลิตภัณฑ์เก้าอี้) (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	รหัสเครื่องจักรที่ใช้	ชื่อเครื่องจักร	เวลาเริ่มต้น (วินาที)	เวลาผลิตเสร็จ (วินาที)
พนังข้าง	เพลาตั้ง(เซาะร่องตัวยึด)	3711	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว	68850	70770
พนังข้าง	เพลาตั้ง(เซาะร่อง 6 มิล)	3711	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว	70770	71730
พนังข้าง	เพลาตั้ง(ตีร่องด้านบน)	3711	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว	75360	77280
พนังข้าง	เจาะดิ่ง	4170	เครื่องเจาะดิ่ง	81450	86250
พนังข้าง	เจาะรูปไข่(ใส่รองท้าวแขน)	3692	เครื่องเจาะรูปไข่	86250	92970
พนังข้าง	ปัด 2 หัว	4398	กลุ่มสโตรก-แปรรูป 2	92970	95850
พนังข้าง	ขัดบัวนิ่ม	4191	กลุ่มขัดบัวนิ่ม-แปรรูป 2	215280	216240
พนังหลัง	ตัดหยาบ	4100	เครื่องตัดหยาบ	2280	4200
พนังหลัง	ไส(5 หัว,2 หน้า)	3821	เครื่องไส 5 หัว	8130	9090
พนังหลัง	ริปซอว์	3928	เครื่องริปซอว์	9090	10050
พนังหลัง	แซนดิ้งละเอียด	3786	เครื่องแซนดิ้ง	37170	38130
พนังหลัง	ปอกเดือย(รูปไข่)	3905	เครื่องปอก	38130	42930
พนังหลัง	เจาะดิ่ง(2 รู)	3682	เครื่องเจาะดิ่งหลายหัว	55230	58110
พนังหลัง	ขัดบัวนิ่ม	4191	กลุ่มขัดบัวนิ่ม-แปรรูป 2	82320	86160
พนังหลังใน	ตัดหยาบ	4417	เครื่องตัดหยาบ	11520	13440
พนังหลังใน	ไส(5 หัว)	4257	เครื่องไส 2 หน้า	22650	23610
พนังหลังใน	แซนดิ้งละเอียด	3990	เครื่องแซนดิ้ง	23610	25530
พนังหลังใน	ตัดละเอียด(รอบ 1)	4055	เครื่องตัด Arm saw	48630	51510
พนังหลังใน	เพลาตั้ง(เซาะร่องตัวยึด)	3972	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว	51510	52470
พนังหลังใน	เพลาตั้ง(ตีปาด)	3971	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว	60390	64230
พนังหลังใน	ตัดละเอียด(รอบ 2)	4055	เครื่องตัด Arm saw	77550	80430

ตาราง ก1 ตัวอย่างแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น (ผลิตภัณฑ์เก้าอี้) (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	รหัสเครื่องจักรที่ใช้	ชื่อเครื่องจักร	เวลาเริ่มต้น (วินาที)	เวลาผลิตเสร็จ (วินาที)
พนังหลังใน	เจาะดิ่ง(รอบ 1)	3681	เครื่องเจาะดิ่ง	80430	85230
พนังหลังใน	เจาะดิ่ง(รอบ 2)	3683	เครื่องเจาะดิ่งหลายหัว	85230	90030
ชุดแผงหลัง	ประกอบ	4224	กลุ่มประกอบเก้าอี้-ประกอบและขัดตกแต่ง	287310	307470
พิงบน	ตัดหยาบ	4101	เครื่องตัดหยาบ	16080	18000
พิงบน	ไส(5 หัว)	3822	เครื่องไส 5 หัว	29490	31410
พิงบน	แซนดิ้งเพลาะ	3989	เครื่องแซนดิ้ง	33180	34140
พิงบน	เพลาะ(9:1:5)	3790	แท่นทับไฮดรอลิค	34140	47580
พิงบน	วาดแบบ	4260	กลุ่มวาดแบบ 1-แปรรูป 1	50490	51450
พิงบน	คว้าน(1:2=10)	3858	เครื่องเลื่อยสายพาน	51450	56250
พิงบน	วาดแบบ(3-4)	4262	กลุ่มวาดแบบ 2-แปรรูป 1	73450	75370
พิงบน	คว้าน(3-4)	3858	เครื่องเลื่อยสายพาน	75370	89770
พิงบน	ก๊อปปี้สไลด์(1-2)	3715	เครื่องก๊อปปี้สไลด์ F□6-2500 NO.1109	89770	98410
พิงบน	เพลาตั้ง(ตีหน้า 3)	4168	เครื่องเพลาตั้ง 1 หัว	98410	107050
พิงบน	เพลาตั้ง(ตีหน้า 4)	3712	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว	107050	115690
พิงบน	ตัดละเอียด	3887	เครื่องตัดละเอียด	115690	129130
พิงบน	เราท์เตอร์(คว่ำ หน้า1)	3765	เครื่องเราท์เตอร์ใหญ่	129130	134890
พิงบน	เราท์เตอร์(คว่ำ หน้า2)	3766	เครื่องเราท์เตอร์ใหญ่	134890	143530
พิงบน	เจาะรูปไข่(ใส่ขาหลัง)	3960	เครื่องเจาะรูปไข่	143530	152170
พิงบน	เจาะรูปไข่(ใส่พิงหลัง)	3691	เครื่องเจาะรูปไข่	152170	156970
พิงบน	ขัดสามเหลี่ยม	4194	กลุ่มขัดสามเหลี่ยม-แปรรูป 2	165570	173250
พิงบน	ขัดบัวนิ่ม	4191	กลุ่มขัดบัวนิ่ม-แปรรูป 2	262170	272730

ตาราง ก1 ตัวอย่างแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น (ผลิตภัณฑ์เก้าอี้) (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	รหัสเครื่องจักรที่ใช้	ชื่อเครื่องจักร	เวลาเริ่มต้น (วินาที)	เวลาผลิตเสร็จ (วินาที)
พิงบน	ขัดบัวนิ่ม(วงใน)	4191	กลุ่มขัดบัวนิ่ม-แปรรูป 2	272730	280410
พิงหลัง	ตัดหยาบ	4097	เครื่องตัดหยาบ	0	1920
พิงหลัง	ไส(5 หัว)	3822	เครื่องไส 5 หัว	1920	2880
พิงหลัง	แซนดิ้งเพลาะ	3989	เครื่องแซนดิ้ง	2880	3840
พิงหลัง	เพลาะ(3:1:1)	3748	เครื่องเพลาะ 30 หวี	3840	6720
พิงหลัง	ไส(2 หน้า)	3822	เครื่องไส 5 หัว	41730	42690
พิงหลัง	แซนดิ้งละเอียด	3990	เครื่องแซนดิ้ง	44190	46110
พิงหลัง	N□	4065	เครื่องN□	46110	53790
พิงหลัง	ขัดบัวนิ่ม(วงใน)	4191	กลุ่มขัดบัวนิ่ม-แปรรูป 2	114120	117960
พิงหลัง	ตัดละเอียด	3888	เครื่องตัดละเอียด	117960	122760
พิงหลัง	ขัดสามเหลี่ยม	4194	กลุ่มขัดสามเหลี่ยม-แปรรูป 2	122760	131400
พิงหลัง	ขัดบัวนิ่ม(ด้านข้าง)	4191	กลุ่มขัดบัวนิ่ม-แปรรูป 2	179370	183210
พิงหลัง	ขัดบัวนิ่ม(มนหัวบน-ล่าง)	4191	กลุ่มขัดบัวนิ่ม-แปรรูป 2	195540	202260
พิงหลัง	ขัดชิ้นส่วน	4197	กลุ่มขัดชิ้นส่วน 2-แปรรูป 2	202260	216660
รองพิงหลัง	ตัดหยาบ	4098	เครื่องตัดหยาบ	22140	24060
รองพิงหลัง	ไส(5 หัว)	4257	เครื่องไส 2 หน้า	39210	40170
รองพิงหลัง	แซนดิ้งเพลาะ	3989	เครื่องแซนดิ้ง	40170	41130
รองพิงหลัง	เพลาะ(9:1:5)	3749	เครื่องเพลาะไฮดรอลิค5หน้า	41130	52650
รองพิงหลัง	ไส(2 หน้า)	3822	เครื่องไส 5 หัว	52650	54570
รองพิงหลัง	วาดแบบ(1-2)	4260	กลุ่มวาดแบบ 1-แปรรูป 1	64620	66540
รองพิงหลัง	คว้าน(1-2)	3860	เครื่องคว้านไม้ K-002	67620	77220

ตาราง ก1 ตัวอย่างแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น (ผลิตภัณฑ์เก้าอี้) (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	รหัสเครื่องจักรที่ใช้	ชื่อเครื่องจักร	เวลาเริ่มต้น (วินาที)	เวลาผลิตเสร็จ (วินาที)
รองพิงหลัง	วาดแบบ(3-4)	4262	กลุ่มวาดแบบ 2-แปรรูป 1	77220	78180
รองพิงหลัง	คว้าน(3-4)	4013	เครื่องเลื่อยคว้าน K-004	78790	84550
รองพิงหลัง	เพลาตั้ง(ลอกแบบ 1-2)	3719	เครื่องเพลาตั้งลอกแบบ	84550	89350
รองพิงหลัง	เพลาตั้ง(รอบ 3)	4167	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว	89880	95640
รองพิงหลัง	เพลาตั้ง(รอบ 4)	3711	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว	95640	101400
รองพิงหลัง	ตัดละเอียด	4055	เครื่องตัด Arm saw	122400	126240
รองพิงหลัง	เจาะนอน(2 รู)	4177	เครื่องเจาะนอนหลายหัว	126240	129120
รองพิงหลัง	เจาะรูปไข่(ใส่พิงหลัง)	3692	เครื่องเจาะรูปไข่	129120	132960
รองพิงหลัง	ขัดสามเหลี่ยม	4194	กลุ่มขัดสามเหลี่ยม-แปรรูป 2	161730	165570
รองพิงหลัง	ขัดบัวนิ่ม	4191	กลุ่มขัดบัวนิ่ม-แปรรูป 2	253530	262170
รองพิงหลัง1	ตัดหยาบ	4102	เครื่องตัดหยาบ	2880	4800
รองพิงหลัง1	ไส(5 หัว)	3822	เครื่องไส 5 หัว	9900	10860
รองพิงหลัง1	แซนดิ้งเพลาะ	3989	เครื่องแซนดิ้ง	10860	12780
ชุดเก้าอี้	ประกอบ	4224	กลุ่มประกอบเก้าอี้-ประกอบและขัดตกแต่ง	307470	327630
ท้าวแขน	ตัดหยาบ	4101	เครื่องตัดหยาบ	5220	7140
ท้าวแขน	ไส(5 หัว,2 หน้า)	3822	เครื่องไส 5 หัว	13020	14940
ท้าวแขน	แซนดิ้งละเอียด	3990	เครื่องแซนดิ้ง	14940	16860
ท้าวแขน	วาดแบบ	4260	กลุ่มวาดแบบ 1-แปรรูป 1	16860	18780
ท้าวแขน	คว้าน	4013	เครื่องเลื่อยคว้าน K-004	18780	24540
ท้าวแขน	ตัดละเอียด	3888	เครื่องตัดละเอียด	73050	77850
ท้าวแขน	เพลาตั้ง(รอบ 1)	3971	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว	77850	80730

ตาราง ก1 ตัวอย่างแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น (ผลิตภัณฑ์เก้าอี้) (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	รหัสเครื่องจักรที่ใช้	ชื่อเครื่องจักร	เวลาเริ่มต้น (วินาที)	เวลาผลิตเสร็จ (วินาที)
ท้าวแขน	เพลาตั้ง(รอบ 2)	4167	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว	80730	84570
ท้าวแขน	เจาะนอน(ใส่เดือย)	3687	เครื่องเจาะนอน	84570	90330
ท้าวแขน	เจาะดิ่ง(10 มิล คว้าน)	3681	เครื่องเจาะดิ่ง	90330	94170
ท้าวแขน	เจาะดิ่ง(15 มิล ใส่รองท้าวแขน)	3682	เครื่องเจาะดิ่งหลายหัว	94170	97050
ท้าวแขน	ขัดสามเหลี่ยม	4194	กลุ่มขัดสามเหลี่ยม-แปรรูป 2	144030	145950
ท้าวแขน	ขัดบัวนิ่ม	4191	กลุ่มขัดบัวนิ่ม-แปรรูป 2	222540	228300
ท้าวแขน	เพลาะแก้ม(รองท้าวแขน)	4224	กลุ่มประกอบเก้าอี้-ประกอบและขัดตกแต่ง	228300	231180
รองท้าวแขน	ตัดหยาบ	4097	เครื่องตัดหยาบ	21780	23700
รองท้าวแขน	ไส(6 หัว)	3825	เครื่องไส 6 หัว	23700	24660
รองท้าวแขน	ตัดละเอียด(รอบ 1)	3888	เครื่องตัดละเอียด	36810	39690
รองท้าวแขน	กลึง	3937	กลุ่มกลึง	39690	40650
รองท้าวแขน	ตัดละเอียด(รอบ 2)	3888	เครื่องตัดละเอียด	69930	71850
รองท้าวแขน	เราท์เตอร์(ลบ □10)	3987	เครื่องเราท์เตอร์หงาย	71850	76650
รองท้าวแขน	เจาะดิ่ง(รูคว้าน)	3683	เครื่องเจาะดิ่งหลายหัว	76650	79530
รองท้าวแขน	เจาะดิ่ง(5 มิล)	4170	เครื่องเจาะดิ่ง	79530	81450
รองท้าวแขน	เจาะดิ่ง(8 มิล)	3682	เครื่องเจาะดิ่งหลายหัว	81630	85470
รองท้าวแขน	ขัดสามเหลี่ยม	4194	กลุ่มขัดสามเหลี่ยม-แปรรูป 2	135330	141090
รองท้าวแขน	ขัดบัวนิ่ม	4191	กลุ่มขัดบัวนิ่ม-แปรรูป 2	188820	195540
รองท้าวแขน	ปัด 2 หัว	4398	กลุ่มสโตรก-แปรรูป 2	195540	198420
แก้มรองท้าวแขน1	ตัดหยาบ	4097	เครื่องตัดหยาบ	7620	9540
แก้มรองท้าวแขน1	ไส(5 หัว)	3822	เครื่องไส 5 หัว	17070	18990

ตาราง ก1 ตัวอย่างแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น (ผลิตภัณฑ์เก้าอี้) (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	รหัสเครื่องจักรที่ใช้	ชื่อเครื่องจักร	เวลาเริ่มต้น (วินาที)	เวลาผลิตเสร็จ (วินาที)
แก้มรองท้าวแขน1	แซนดิ้งละเอียด	3781	เครื่องแซนดิ้ง	18990	19950
แก้มรองท้าวแขน1	ตัดละเอียด(1=6)	4055	เครื่องตัด Arm saw	45210	47130
แก้มรองท้าวแขน1	เจาะดิ่ง(10 มิล คว้าน)	3681	เครื่องเจาะดิ่ง	47130	50010
ยันขาข้าง	ตัดหยาบ	4098	เครื่องตัดหยาบ	14040	15960
ยันขาข้าง	ไส(5 หัว)	3822	เครื่องไส 5 หัว	26490	27450
ยันขาข้าง	แก๊งซอว์(1=3)	3988	เครื่องแก๊งซอว์	27450	28410
ยันขาข้าง	เหลากลม(เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม.)	3778	เครื่องเหลาเดือย	28410	31290
ยันขาข้าง	ตัดละเอียด	4055	เครื่องตัด Arm saw	64050	65970
ยันขาข้าง	เจาะดิ่ง(รู คว้าน)	3681	เครื่องเจาะดิ่ง	65970	71730
ยันขาข้าง	ปัดเงา	4216	กลุ่มขัดตกแต่งเก้าอี้ 2-ประกอบและขัดตกแต่ง	71730	73650
ตัวยึดหน้า	ตัดหยาบ	4098	เครื่องตัดหยาบ	16440	18360
ตัวยึดหน้า	ไส(5 หัว)	4257	เครื่องไส 2 หน้า	29520	30480
ตัวยึดหน้า	ตัดละเอียด(1=2)	3888	เครื่องตัดละเอียด	30480	32400
ตัวยึดหน้า	เจาะดิ่ง	3681	เครื่องเจาะดิ่ง	32400	36240
ตัวยึดหน้า	เจาะนอน(12 มิล)	3686	เครื่องเจาะนอน	36240	39120
ตัวยึดหลัง	ตัดหยาบ	4417	เครื่องตัดหยาบ	2820	4740
ตัวยึดหลัง	ไส(5 หัว)	3821	เครื่องไส 5 หัว	9090	11010
ตัวยึดหลัง	ตัดละเอียด(1=2)	3888	เครื่องตัดละเอียด	11010	13890
ตัวยึดหลัง	เจาะดิ่ง	3681	เครื่องเจาะดิ่ง	13890	17730
ชุดเฟรมพนัง	ประกอบ	4224	กลุ่มประกอบเก้าอี้-ประกอบและขัดตกแต่ง	216240	222000
ชุดท้าวแขน	ประกอบ	4224	กลุ่มประกอบเก้าอี้-ประกอบและขัดตกแต่ง	231180	236940

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างแผนการผลิตเดิมของโรงงานกรณีศึกษา (พีพี พาราวูด จำกัด)

ตาราง ข1 ตัวอย่างแผนการผลิตเดิมของโรงงานกรณีศึกษา: พีพี พาราวูด จำกัด (ผลิตภัณฑ์เก้าอี้)

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร	รหัสอาคารผลิต	ชื่ออาคารผลิต	Lumber_StartDate	Produce1_StartDate	Produce2_StartDate	Construct_StartDate
ขาหน้า	ตัดหยาบ	3334	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหน้า	ไส(5 หัว รอบ 1)	3163	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหน้า	แซนดิ้งเพลาะ	3160	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหน้า	เพลาะ(2:1:1)	3165	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหน้า	ไส(5 หัว รอบ 2)	3163	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหน้า	วาดแบบ	3187	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหน้า	คว้าน	3054	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหน้า	กลึง(ก๊อปปี้เลท)	3076	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหน้า	ตัดละเอียด	3189	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหน้า	กลึง(ลูกแก้ว)	3053	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหน้า	เราท์เตอร์(หงาย ลบเหลี่ยม)	3060	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหน้า	เจาะนอน(ใส่ยันขาข้าง)	3079	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหน้า	เจาะนอน(ปลายขา)	3079	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหน้า	เจาะดิ่ง(ใส่แฮงเกอร์โบ้)	3080	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหน้า	ใส่แฮงเกอร์โบล์ท	3082	512	อาคารแปรรูป 2-2	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหน้า	ขัดสามเหลี่ยม	3093	512	อาคารแปรรูป 2-2	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหน้า	ขัดบัวนิ่ม	3087	512	อาคารแปรรูป 2-2	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหน้า	ปัด 2 หัว	3300	512	อาคารแปรรูป 2-2	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551

ตาราง ข1 ตัวอย่างแผนการผลิตเดิมของโรงงานกรณีศึกษา: พีพี พาราวูด จำกัด (ผลิตภัณฑ์เก้าอี้) (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร	รหัสอาคารผลิต	ชื่ออาคารผลิต	Lumber_StartDate	Produce1_StartDate	Produce2_StartDate	Construct_StartDate
ขาหน้า	ขัดตกแต่ง	3205	53	อาคารประกอบและขัดตกแต่ง	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหน้า	ปัดเงา	3205	53	อาคารประกอบและขัดตกแต่ง	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง	ตัดหยาบ	3334	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง	ไส(5 หัว รอบ 1)	3163	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง	แซนดิ้งเพลาะ(รอบ 1)	3160	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง	เพลาะรวม	3165	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง	ตัด(ไม้แผ่น)	3186	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง	วาดแบบ(ไม้แผ่น)	3187	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง	คว้าน(ไม้แผ่น)	3054	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง	ไส(2 หน้า)	3163	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง	แซนดิ้งเพลาะ(รอบ 2)	3160	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง	เพลาะแก้ม	3165	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง	คว้าน(ก่อนก๊อปปี้สไลด์)	3054	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง	ก๊อปปี้สไลด์(1-2)	3051	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง	วาดแบบ(หน้า 3,4)	3187	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง	คว้าน(หน้า 3,4)	3054	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง	ก๊อปปี้สไลด์(3-4)	3051	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551

ตาราง ข1 ตัวอย่างแผนการผลิตเดิมของโรงงานกรณีศึกษา: พีพี พาราวูด จำกัด (ผลิตภัณฑ์เก้าอี้) (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร	รหัสอาคารผลิต	ชื่ออาคารผลิต	Lumber_StartDate	Produce1_StartDate	Produce2_StartDate	Construct_StartDate
ขาหลัง	ตัดละเอียด(ปลายขา)	3189	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง	เพลาตั้ง(ตีปาดข้าง L)	3074	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง	เจาะรูปไข่(ใส่พนังหลัง)	3085	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง	เจาะนอน(ใส่รองพิงหลัง)	3079	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง	เจาะนอน(ใส่ยันขาข้าง)	3079	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง	เจาะนอน(ใส่พิงบน)	3079	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง	เจาะนอน(ปลายขา)	3079	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง	เจาะนอน(5 มิลคู่)	3079	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง	เจาะนอน(รูรองท้าวแขน)	3079	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง	ขัดสามเหลี่ยม	3093	512	อาคารแปรรูป 2-2	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง	ขัดบัวนิ่ม	3087	512	อาคารแปรรูป 2-2	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
แก้มขาหลัง1	ตัดหยาบ	3334	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
แก้มขาหลัง1	ไส(5หัว)	3163	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
แก้มขาหลัง1	แซนดิ้งเพลาะ	3160	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
แก้มขาหลัง2	ตัดหยาบ	3334	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
แก้มขาหลัง2	ไส(5หัว)	3163	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
แก้มขาหลัง2	แซนดิ้งเพลาะ	3160	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
แก้มขาหลัง3	ตัดหยาบ	3334	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
แก้มขาหลัง3	ไส(5หัว)	3163	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551

ตาราง ข1 ตัวอย่างแผนการผลิตเดิมของโรงงานกรณีศึกษา: พีพี พาราวูด จำกัด (ผลิตภัณฑ์เก้าอี้) (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร	รหัสอาคารผลิต	ชื่ออาคารผลิต	Lumber_StartDate	Produce1_StartDate	Produce2_StartDate	Construct_StartDate
แก้มขาหลัง3	แซนดิ้งเพลาะ	3160	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
แก้มขาหลัง3	ตัด(1=2)	3199	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง1	ตัดหยาบ	3334	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง1	ไส(5 หัว)	3163	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง1	แซนดิ้งเพลาะ	3160	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง2	ตัดหยาบ	3334	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง2	ไส(5 หัว)	3163	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง2	แซนดิ้งเพลาะ	3160	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง3	ตัดหยาบ	3334	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง3	ไส(5 หัว)	3163	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ขาหลัง3	แซนดิ้งเพลาะ	3160	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังหน้า	ตัดหยาบ	3334	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังหน้า	ไส(5,6 หัว)	3163	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังหน้า	แซนดิ้งละเอียด	3161	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังหน้า	ตัดละเอียด	3189	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังหน้า	เพลาตั้ง(เซาะร่องตัวยึด)	3074	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังหน้า	เพลาตั้ง(ตีร่องด้านบน)	3074	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังหน้า	เพลาตั้ง(เซาะร่อง 6 มิล)	3074	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังหน้า	เจาะดิ่ง(2 รู)	3080	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551

ตาราง ข1 ตัวอย่างแผนการผลิตเดิมของโรงงานกรณีศึกษา: พีพี พาราวูด จำกัด (ผลิตภัณฑ์เก้าอี้) (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร	รหัสอาคารผลิต	ชื่ออาคารผลิต	Lumber_StartDate	Produce1_StartDate	Produce2_StartDate	Construct_StartDate
พนังหน้า	ปัด 2 หัว	3300	512	อาคารแปรรูป 2-2	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังหน้า	ขัดบัวนิ่ม	3087	512	อาคารแปรรูป 2-2	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังข้าง	ตัดหยาบ	3334	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังข้าง	ไส(5,6 หัว)	3163	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังข้าง	แซนดิ้งละเอียด	3161	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังข้าง	ตัดละเอียด(รอบ 1)	3189	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังข้าง	ตัดละเอียด(บังใบ)	3189	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังข้าง	เพลาตั้ง(เซาะร่องตัวยึด)	3074	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังข้าง	เพลาตั้ง(เซาะร่อง 6 มิล)	3074	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังข้าง	เพลาตั้ง(ตีร่องด้านบน)	3074	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังข้าง	เจาะดิ่ง	3080	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังข้าง	เจาะรูปไข่(ใส่รองท้าวแขน)	3085	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังข้าง	ปัด 2 หัว	3300	512	อาคารแปรรูป 2-2	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังข้าง	ขัดบัวนิ่ม	3087	512	อาคารแปรรูป 2-2	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังหลัง	ตัดหยาบ	3334	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังหลัง	ไส(5 หัว,2 หน้า)	3163	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังหลัง	ริปซอว์	3156	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551

ตาราง ข1 ตัวอย่างแผนการผลิตเดิมของโรงงานกรณีศึกษา: พีพี พาราวูด จำกัด (ผลิตภัณฑ์เก้าอี้) (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร	รหัสอาคารผลิต	ชื่ออาคารผลิต	Lumber_StartDate	Produce1_StartDate	Produce2_StartDate	Construct_StartDate
พนังหลัง	แซนดิ้งละเอียด	3161	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังหลัง	ปอกเดือย(รูปไข่)	3084	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังหลัง	เจาะดิ่ง(2 รู)	3080	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังหลัง	ขัดบัวนิ่ม	3087	512	อาคารแปรรูป 2-2	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังหลังใน	ตัดหยาบ	3334	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังหลังใน	ไส(5 หัว)	3163	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังหลังใน	แซนดิ้งละเอียด	3161	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังหลังใน	ตัดละเอียด(รอบ 1)	3189	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังหลังใน	เพลาตั้ง(เซาะร่องตัวยึด)	3074	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังหลังใน	เพลาตั้ง(ตีปาด)	3074	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังหลังใน	ตัดละเอียด(รอบ 2)	3189	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังหลังใน	เจาะดิ่ง(รอบ 1)	3080	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พนังหลังใน	เจาะดิ่ง(รอบ 2)	3080	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ชุดแผงหลัง	ประกอบ	3131	53	อาคารประกอบและขัดตกแต่ง	14/4/2551	14/4/2551	14/4/2551	14/4/2551
พิงบน	ตัดหยาบ	3334	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พิงบน	ไส(5 หัว)	3163	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พิงบน	แซนดิ้งเพลาะ	3160	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พิงบน	เพลาะ(9:1:5)	3165	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พิงบน	วาดแบบ	3187	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551

ตาราง ข1 ตัวอย่างแผนการผลิตเดิมของโรงงานกรณีศึกษา: พีพี พาราวูด จำกัด (ผลิตภัณฑ์เก้าอี้) (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร	รหัสอาคารผลิต	ชื่ออาคารผลิต	Lumber_StartDate	Produce1_StartDate	Produce2_StartDate	Construct_StartDate
พิงบน	คว้าน(1:2=10)	3054	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พิงบน	วาดแบบ(3-4)	3187	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พิงบน	คว้าน(3-4)	3054	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พิงบน	ก๊อปปี้สไลด์(1-2)	3051	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พิงบน	เพลาตั้ง(ตีหน้า 3)	3074	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พิงบน	เพลาตั้ง(ตีหน้า 4)	3074	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พิงบน	ตัดละเอียด	3189	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พิงบน	เราท์เตอร์(คว่ำ หน้า1)	3055	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พิงบน	เราท์เตอร์(คว่ำ หน้า2)	3055	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พิงบน	เจาะรูปไข่(ใส่ขาหลัง)	3085	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พิงบน	เจาะรูปไข่(ใส่พิงหลัง)	3085	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พิงบน	ขัดสามเหลี่ยม	3093	512	อาคารแปรรูป 2-2	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พิงบน	ขัดบัวนิ่ม	3087	512	อาคารแปรรูป 2-2	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พิงบน	ขัดบัวนิ่ม(วงใน)	3087	512	อาคารแปรรูป 2-2	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พิงหลัง	ตัดหยาบ	3334	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พิงหลัง	ไส(5 หัว)	3163	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พิงหลัง	แซนดิ้งเพลาะ	3160	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พิงหลัง	เพลาะ(3:1:1)	3165	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พิงหลัง	ไส(2 หน้า)	3163	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551

ตาราง ข1 ตัวอย่างแผนการผลิตเดิมของโรงงานกรณีศึกษา: พีพี พาราวูด จำกัด (ผลิตภัณฑ์เก้าอี้) (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร	รหัสอาคารผลิต	ชื่ออาคารผลิต	Lumber_StartDate	Produce1_StartDate	Produce2_StartDate	Construct_StartDate
พิงหลัง	แซนดิ้งละเอียด	3161	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พิงหลัง	N□	3144	52	อาคารวีเนียร์	7/4/2551	7/4/2551	7/4/2551	7/4/2551
พิงหลัง	ขัดบัวนิ่ม(วงใน)	3087	512	อาคารแปรรูป 2-2	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พิงหลัง	ตัดละเอียด	3189	50	อาคารแปรรูป 1	7/4/2551	7/4/2551	7/4/2551	7/4/2551
พิงหลัง	ขัดสามเหลี่ยม	3093	512	อาคารแปรรูป 2-2	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พิงหลัง	ขัดบัวนิ่ม(ด้านข้าง)	3087	512	อาคารแปรรูป 2-2	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พิงหลัง	ขัดบัวนิ่ม(มนหัวบน-ล่าง)	3087	512	อาคารแปรรูป 2-2	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
พิงหลัง	ขัดชิ้นส่วน	3261	51	อาคารแปรรูป 2	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
รองพิงหลัง	ตัดหยาบ	3334	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
รองพิงหลัง	ไส(5 หัว)	3163	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
รองพิงหลัง	แซนดิ้งเพลาะ	3160	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
รองพิงหลัง	เพลาะ(9:1:5)	3165	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
รองพิงหลัง	ไส(2 หน้า)	3163	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
รองพิงหลัง	วาดแบบ(1-2)	3187	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
รองพิงหลัง	คว้าน(1-2)	3054	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
รองพิงหลัง	วาดแบบ(3-4)	3187	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
รองพิงหลัง	คว้าน(3-4)	3054	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
รองพิงหลัง	เพลาตั้ง(ลอกแบบ 1-2)	3071	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
รองพิงหลัง	เพลาตั้ง(รอบ 3)	3074	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551

ตาราง ข1 ตัวอย่างแผนการผลิตเดิมของโรงงานกรณีศึกษา: พีพี พาราวูด จำกัด (ผลิตภัณฑ์เก้าอี้) (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร	รหัสอาคารผลิต	ชื่ออาคารผลิต	Lumber_StartDate	Produce1_StartDate	Produce2_StartDate	Construct_StartDate
รองพิงหลัง	เพลาตั้ง(รอบ 4)	3074	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
รองพิงหลัง	ตัดละเอียด	3189	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
รองพิงหลัง	เจาะนอน(2 รู)	3079	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
รองพิงหลัง	เจาะรูปไข่(ใส่พิงหลัง)	3085	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
รองพิงหลัง	ขัดสามเหลี่ยม	3093	512	อาคารแปรรูป 2-2	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
รองพิงหลัง	ขัดบัวนิ่ม	3087	512	อาคารแปรรูป 2-2	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
รองพิงหลัง1	ตัดหยาบ	3334	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
รองพิงหลัง1	ไส(5 หัว)	3163	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
รองพิงหลัง1	แซนดิ้งเพลาะ	3160	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ชุดเก้าอี้	ทำกล่อง	3236	43	อาคารกล่อง (งานกล่อง, เบาะ)	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ท้าวแขน	ตัดหยาบ	3334	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ท้าวแขน	ไส(5 หัว,2 หน้า)	3163	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ท้าวแขน	แซนดิ้งละเอียด	3161	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ท้าวแขน	วาดแบบ	3187	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ท้าวแขน	คว้าน	3054	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ท้าวแขน	ตัดละเอียด	3189	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ท้าวแขน	เพลาตั้ง(รอบ 1)	3074	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ท้าวแขน	เพลาตั้ง(รอบ 2)	3074	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ท้าวแขน	เจาะนอน(ใส่เดือย)	3079	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551

ตาราง ข1 ตัวอย่างแผนการผลิตเดิมของโรงงานกรณีศึกษา: พีพี พาราวูด จำกัด (ผลิตภัณฑ์เก้าอี้) (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร	รหัสอาคารผลิต	ชื่ออาคารผลิต	Lumber_StartDate	Produce1_StartDate	Produce2_StartDate	Construct_StartDate
ท้าวแขน	เจาะดิ่ง(10 มิล คว้าน)	3080	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ท้าวแขน	เจาะดิ่ง(15 มิล ใส่รองท้าวแขน)	3080	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ท้าวแขน	ขัดสามเหลี่ยม	3093	512	อาคารแปรรูป 2-2	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ท้าวแขน	ขัดบัวนิ่ม	3087	512	อาคารแปรรูป 2-2	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ท้าวแขน	เพลาะแก้ม(รองท้าวแขน)	3131	53	อาคารประกอบและขัดตกแต่ง	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
รองท้าวแขน	ตัดหยาบ	3334	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
รองท้าวแขน	ไส(6 หัว)	3157	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
รองท้าวแขน	ตัดละเอียด(รอบ 1)	3189	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
รองท้าวแขน	กลึง	2780	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	31/3/2551	31/3/2551	31/3/2551
รองท้าวแขน	ตัดละเอียด(รอบ 2)	3189	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
รองท้าวแขน	เราท์เตอร์(ลบ □0)	3060	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
รองท้าวแขน	เจาะดิ่ง(รูคว้าน)	3080	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
รองท้าวแขน	เจาะดิ่ง(5 มิล)	3080	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
รองท้าวแขน	เจาะดิ่ง(8 มิล)	3080	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
รองท้าวแขน	ขัดสามเหลี่ยม	3093	512	อาคารแปรรูป 2-2	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
รองท้าวแขน	ขัดบัวนิ่ม	3087	512	อาคารแปรรูป 2-2	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
รองท้าวแขน	ปัด 2 หัว	3300	512	อาคารแปรรูป 2-2	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
แก้มรองท้าวแขน1	ตัดหยาบ	3334	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551

ตาราง ข1 ตัวอย่างแผนการผลิตเดิมของโรงงานกรณีศึกษา: พีพี พาราวูด จำกัด (ผลิตภัณฑ์เก้าอี้) (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร	รหัสอาคารผลิต	ชื่ออาคารผลิต	Lumber_StartDate	Produce1_StartDate	Produce2_StartDate	Construct_StartDate
แก้มรองท้าวแขน1	ไส(5 หัว)	3163	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
แก้มรองท้าวแขน1	แซนดิ้งละเอียด	3161	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
แก้มรองท้าวแขน1	ตัดละเอียด(1=6)	3189	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
แก้มรองท้าวแขน1	เจาะดิ่ง(10 มิล คว้าน)	3080	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ยันขาข้าง	ตัดหยาบ	3334	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ยันขาข้าง	ไส(5 หัว)	3163	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ยันขาข้าง	แก๊งซอว์(1=3)	3155	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ยันขาข้าง	เหลากลม(เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม.)	3253	532	อาคารประกอบย่อย	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ยันขาข้าง	ตัดละเอียด	3189	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ยันขาข้าง	เจาะดิ่ง(รู คว้าน)	3080	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ยันขาข้าง	ปัดเงา	3205	53	อาคารประกอบและขัดตกแต่ง	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ตัวยึดหน้า	ตัดหยาบ	3334	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ตัวยึดหน้า	ไส(5 หัว)	3163	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ตัวยึดหน้า	ตัดละเอียด(1=2)	3189	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ตัวยึดหน้า	เจาะดิ่ง	3080	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ตัวยึดหน้า	เจาะนอน(12 มิล)	3079	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ตัวยึดหลัง	ตัดหยาบ	3334	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551

ตาราง ข1 ตัวอย่างแผนการผลิตเดิมของโรงงานกรณีศึกษา: พีพี พาราวูด จำกัด (ผลิตภัณฑ์เก้าอี้) (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร	รหัสอาคารผลิต	ชื่ออาคารผลิต	Lumber_StartDate	Produce1_StartDate	Produce2_StartDate	Construct_StartDate
ตัวยึดหลัง	ไส(5 หัว)	3163	40	อาคารเตรียมไม้	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ตัวยึดหลัง	ตัดละเอียด(1=2)	3189	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ตัวยึดหลัง	เจาะดิ่ง	3080	50	อาคารแปรรูป 1	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ชุดเฟรมพนัง	ประกอบ	3131	53	อาคารประกอบและขัดตกแต่ง	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551
ชุดท้าวแขน	ประกอบ	3131	53	อาคารประกอบและขัดตกแต่ง	31/3/2551	7/4/2551	14/4/2551	21/4/2551

หมายเหตุ รายละเอียดของรหัสอาคารผลิตแสดงในตาราง ข2

ตาราง ข2 แสดงข้อมูลของแต่ละอาคาร

รหัสอาคารผลิต	ชื่ออาคารผลิต	ข้อมูลเวลาผลิต
39	งานจ้าง	Lum er_StartDate
40	อาคารเตรียมไม้	Lum er_StartDate
43	อาคารกล่อง (งานกล่อง, เบาะ)	onstruct_StartDate
46	อาคารเบาะ	onstruct_StartDate
47	อาคารสี (งานสี)	PaintPacking_StartDate
48	อาคารบรรจุ	PaintPacking_StartDate
50	อาคารแปรรูป 1	Produce1_StartDate
51	อาคารแปรรูป 2 (ส่วนหลัง)	Produce51_512_StartDate
512	อาคารแปรรูป 2-2 (ส่วนหน้า)	Produce51_512_StartDate
52	อาคารวีเนียร์	Lum er_StartDate
53	อาคารประกอบและขัดตกแต่ง	onstruct_StartDate
532	อาคารประกอบย่อย	onstruct_StartDate
54	พี.พี.พาราวูด	Due_Date
56	อาคารพีพี. 2 (อาคาร 10)	Produce2_StartDate
561	อาคารพีพี. 2 (อาคาร 10)-กลุ่ม 1	Produce1_StartDate
562	อาคารพีพี. 2 (อาคาร 10)-กลุ่ม 2	Produce2_StartDate
78	อาคารผลิต 2	Produce1_StartDate
781	อาคารผลิต 2_1	Produce1_StartDate
782	อาคารผลิต 2_2	Produce2_StartDate
783	อาคารผลิต 2_3	onstruct_StartDate
80	อาคารผลิต 3	Produce1_StartDate
801	อาคารผลิต 3_1	Produce1_StartDate
802	อาคารผลิต 3_2	Produce2_StartDate
803	อาคารผลิต 3_3	onstruct_StartDate
81	อาคารผลิต 4	Produce1_StartDate
811	อาคารผลิต 4_1	Produce1_StartDate
812	อาคารผลิต 4_2	Produce2_StartDate
813	อาคารผลิต 4_3	onstruct_StartDate
82	อาคารผลิต 5	Produce1_StartDate
821	อาคารผลิต 5_1	Produce1_StartDate
822	อาคารผลิต 5_2	Produce2_StartDate
823	อาคารผลิต 5_3	onstruct_StartDate

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวกุสุมา เรืองดิษฐ์

รหัสประจำตัวนักศึกษา 4910120004

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2548

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

ทุนยกเว้นค่าเล่าเรียน จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

กุสุมา เรืองดิษฐ์ วนิดา รัตนมณี สมชาย ชูโฉม สุริยา จิรสถิตสิน. 2552. การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา. การประชุมข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ. ขอนแก่น, ประเทศไทย, 21-22 ตุลาคม 2552. หน้า 165-170.